

**Untersuchungen zur Öko-Ethologie
der Zwergmaus *Micromys minutus* (Pallas 1778)**

Der Gemeinsamen Naturwissenschaftlichen Fakultät der
Technischen Universität Carolo-Wilhelmina
zu Braunschweig

zur Erlangung des Grades einer
Doktorin der Naturwissenschaften
(Dr. rer. nat.)

genehmigte
D i s s e r t a t i o n

von
Angélica Verónica Serrano Padilla
aus Guadalajara/Mexiko

Alles Wissen und alle Vermehrung unseres Wissens endet nicht mit einem Schlußpunkt, sondern mit Fragezeichen. Ein Plus an Wissen bedeutet ein Plus an Fragestellungen, und jede von ihnen wird immer wieder von neuen Fragestellungen abgelöst.

Eine gute, eine richtige Wahrheit muß es vertragen, daß man sie auch umkehrt. Was wahr ist, davon muß Gegenteil auch wahr sein können. Denn jede Wahrheit ist eine kurze Formel für den Blick in die Welt von einem bestimmten Pol aus, und es gibt keinen Pol ohne Gegenpol.

Hermann Hesse



Micromys minutus (HARRIS 1979).

Danksagung

Mein erster Dank gilt Herrn Prof. Dr. Hans Klingel für die Überlassung des Themas, die engagierte Betreuung dieser Arbeit und die Bereitstellung von Geldern für Materialien, telemetrischer Ausrüstung sowie für wissenschaftliche Hilfskräfte. Weiterhin möchte ich ihm sowie seiner Frau Ute für die herzliche Aufnahme insbesondere während meiner ersten Zeit in Deutschland und für viele persönliche Hilfen danken.

Dem DAAD sowie der Universität Guadalajara danke ich für die Gewährung von Stipendien. Prof. Klingel und Prof. Dr. Otto Larink danke ich für ihren Einsatz zur Bewilligung dieser Stipendien.

Prof. Dr. Ewald Schnug danke ich für die Zurverfügungstellung des Versuchsfeldes in der FAL und für seine Unterstützung bei der Freilandarbeit. Herrn Schmidt danke ich ebenfalls für seine Hilfe bei der Freilandarbeit.

Prof. Dr. Heinz Gerd Wolff möchte ich für die Bereitstellung eines Arbeitsplatzes in seinen Räumen danken.

Frau Regine Winckler möchte ich für ihre ausdauernde Hilfe, sowie ihre gute Laune und Vorschläge bei der Aufzucht und Pflege der Versuchstiere danken. Ebenso gilt mein Dank Georg Linhardt für die Anfertigung von Fotos sowie Rudolf Wolff für den Bau und die Ausstattung der Käfige.

Christa Langenstück danke ich besonders für ihre engagierte praktische Hilfe bei der Freilandarbeit und für ihre freundschaftliche Unterstützung in schwierigen Zeiten dieser Arbeit.

Für seine entscheidende Hilfe bei der Entwicklung der Telemetrie-Methode und seine Motivation danke ich Thomas Schubert. Beate Beier, Verena Wittenberg, Ludger Wenzelides, Simone Teelen, Sven Kockrik danke ich für ihr großes Interesse an dieser Arbeit und ihre aktive Unterstützung vor allem bei der Durchführung der Radiotelemetrie.

Martin Kraft danke ich für die Anfertigung eines Programmes zur Analyse von telemetrischen Daten.

Dr. Lothar Schuler danke ich für die Einweisung in die Statistik

Petra Kosel danke ich für ihren tatkräftigen Einsatz über die ganze Arbeit, für wissenschaftliche und nichtwissenschaftliche Anregungen während unserer langen Zusammenarbeit und besonders für ihre große Hilfe bei der Bearbeitung des Manuskripts.

Prof. Dr. Stefan Halle möchte ich für die kritische Durchsicht des Manuskripts und viele hilfreiche Diskussionen danken. Dr. Manfred Kasprzyk, Dr. Heiko Saxel, Dr. Michael Welling, Anke Hoffmann und Andreas Hugo möchte ich ebenfalls für die präzise Durchsicht und für wertvolle Gedankenanstöße danken.

Tobias Soellner und Matthias Wilde sowie den Zoologischen Gärten Hannover und Leipzig danke ich für wertvolle Anregungen und die Überlassung von Tieren.

Allen Mitarbeitern der braunschweiger Ethologie und Physiologie, Didier Hollart, Eva Saxinger, Katja Eckhoff und Angela Traudt danke ich für ihre Hilfsbereitschaft und die angenehme Arbeitsatmosphäre.

Nicht zuletzt danke ich Thomas Bliesener für seine Unterstützung und seinen Beistand auch und gerade in schwierigen Zeiten, und meiner Familie für ihre seelische Unterstützung aus der Ferne.

Inhaltsverzeichnis

1	EINLEITUNG	1
2	LEBENSGESCHICHTE („LIFE HISTORY“)	3
2.1	EINLEITUNG	3
2.2	MATERIAL UND METHODEN	4
2.2.1	Tiere	4
2.2.2	Haltung	4
2.2.3	Versuchsablauf	4
2.2.4	Beobachtungen	6
2.3	ERGEBNISSE	7
2.3.1	Fortpflanzungsverhalten	7
2.3.2	Entwicklung	9
2.3.3	Entwicklung in Beziehung zur Wurfgröße	10
2.3.4	Sexualdimorphismus	12
2.3.5	Fortpflanzungserfolg: Anzahl und Größe der Würfe	14
2.3.6	Einflußfaktoren auf die Wurfgröße	15
2.3.7	Geschlechterverhältnis in den Würfen	16
2.3.8	Lebensdauer und Mortalität	17
2.4	DISKUSSION	18
2.4.1	Gewichtsentwicklung	18
2.4.2	Sexualdimorphismus	21
2.4.3	Geschlechterverhältnis	22
2.4.4	Fortpflanzungserfolg, Anzahl der Würfe und Wurfgröße	25
2.4.5	Lebensdauer und Mortalität	27
3	ÖKOLOGIE	29
3.1	EINLEITUNG	29
3.2	MATERIAL UND METHODEN	30
3.2.1	Versuchsfeld	30
3.2.2	Tiere	31
3.2.3	Fallen	31
3.2.4	Fallenkontrolle und Markierung	33
3.2.5	Klimaparameter	34
3.2.6	Nesterkontrolle	34
3.2.7	Pulvermarkierung	34
3.3	ERGEBNISSE	35
3.3.1	Fängigkeit	35
3.3.1.1	Fänge	35
3.3.1.2	Fangeffizienz	35
3.3.1.3	Fallentod	35
3.3.1.4	Wiederfänge	35
3.3.1.5	Nutzung des Bodens und hoher Bodenvegetation	37
3.3.1.6	Tag- und Nachtfänge	38
3.3.1.7	Klimaeinfluß	39
3.3.2	Populationsdynamik	39
3.3.2.1	Geschlechterverhältnis	39
3.3.2.2	Populationsentwicklung	40
3.3.2.3	Gewichte und Gewichtsentwicklung	41
3.3.2.4	Dichte	42
3.3.2.5	Nestbau und Nesterverteilung	42
3.3.2.6	Spuren	44
3.3.2.7	Lebensdauer	46

3.4	DISKUSSION	48
3.4.1	Fängigkeit	48
3.4.1.1	Fallenvergleich.....	48
3.4.1.2	Fallentod	48
3.4.1.3	Wiederfangrate.....	49
3.4.2	Populationsdynamik.....	50
3.4.2.1	Geschlechterverhältnis.....	50
3.4.2.2	Dichte.....	51
3.4.2.3	Populationsdynamik und Lebensdauer.....	53
4	AKTIONSRÄUME UND LAUFSTRECKEN.....	55
4.1	EINLEITUNG	55
4.2	MATERIAL & METHODE.....	57
4.2.1	Tiere	57
4.2.2	Versuchsfeld	57
4.2.3	Untersuchungsverlauf.....	57
4.2.4	Radiotelemetrie	58
4.2.5	Bestimmung des Aktionsraumes	59
4.2.6	Klimafaktoren	59
4.3	ERGEBNISSE.....	61
4.3.1	Stichprobe	63
4.3.2	Aktionsraumgröße	63
4.3.3	Nutzung des Aktionsraumes: Kerngebiet und Aktivitätszentren	64
4.3.4	Überlappung des Aktionsraumes.....	72
4.3.5	Die „nearest neighbour distance“: NND.....	74
4.3.6	Interaktionen	75
4.3.7	Laufstrecken.....	76
4.3.8	Aktivität und Klimafaktoren	80
4.4	DISKUSSION	82
4.4.1	Methodenkritik.....	82
4.4.2	Stichprobe	83
4.4.3	Aktionsraum.....	84
4.4.4	Größe des Aktionsraumes	85
4.4.5	Überlappung der Aktionsräume und die „nearest neighbour distance“ (NND).....	88
4.4.6	Laufstrecken.....	91
5	SCHLUSSBETRACHTUNG.....	93
6	ZUSAMMENFASSUNG	95
6.1	LEBENSGESCHICHTE („LIFE HISTORY“)	95
6.2	ÖKOLOGIE	95
6.3	AKTIONSRÄUME UND LAUFSTRECKEN	96
7	LITERATUR	97
	ANHANG	103

1 EINLEITUNG

Die Öko-Ethologie, auch Verhaltensökologie genannt, ist ein junges Teilgebiet der Verhaltensforschung, das die Zusammenhänge zwischen dem Verhalten einer Tierart und den Bedingungen ihrer belebten und unbelebten Umwelt untersucht. Es geht um den Überlebenswert des Verhaltens, denn die Art und Weise, wie das Verhalten zum Überleben beiträgt, ist von der Ökologie abhängig (KREBS & DAVIES 1984).

Evolution tritt als Folge von Prozessen auf, die den Genpool einer Art beeinflussen. Einer der wichtigsten ist die Produktion von Nachkommen, da ein Tier normalerweise durch Nachkommen seinen hauptsächlichen genetischen Beitrag leistet (DUNBAR 1982).

Jede Säugetierart besitzt physiologische Eigenschaften, die die Fortpflanzungsstrategie bestimmen. Diese Eigenschaften können als Antwort auf Umweltstimulus wie Klima oder Futter innerhalb bestimmter Grenzen variieren (DELANY 1982).

In der vorliegenden Arbeit werden biologische und ökologische Aspekte der Zwergmaus *Micromys minutus* (PALLAS, 1778) untersucht, um Information über ihre Fortpflanzungsstrategie zu gewinnen.

Micromys minutus, die zur Unterfamilie der Langschwanzmäuse (Murinae) gehört, ist neben der Birkenmaus (*Sicista betulina* PALLAS 1779) der kleinste Nager Mitteleuropas (BÖHME 1978) mit nur 8 g Adultgewicht. Ihre geringe Größe ermöglicht ihr die Besiedlung einer von potentiellen Konkurrenten ungenutzten ökologischen Nische, dem Halmwald von Grasbeständen (FRANK 1957). Feuchte Wiesenhabitate und Auengebiete, Verlandungszonen von Teichen und Riedgras- und Seggenbestände sind ihre Primärbiotope. Als Sekundärhabitate nutzt sie Getreide- und Saatrübenfelder oder auch Waldbiotope (BÖHME 1978, PIECHOCKI 1958). Gelegentlich ist *M. minutus* als Kulturfolger in Menschnähe, so z. B. in Scheunen zu finden (HARRIS 1979).

M. minutus verfügt über einen hohen Grad ökologischer Spezialisierung. Im Winterhalbjahr lebt sie am Erdboden, während im Sommerhalbjahr das „dreidimensionale“ Leben in hoher Bodenvegetation überwiegt (FRANK 1957). An die dritte Dimension ist *M. minutus* in morphologischer und ethologischer Hinsicht angepaßt: Sie besitzt einen Greifschwanz, opponierbare Innenzehen an den Hinterfüßen, relativ kurze Hinterläufe, ein relativ zum Körpergewicht leichtes Skelett (5 % des Körpergewichtes) und gut ausgeprägte Sinnesfunktionen (HARRIS 1979). Typische Verhaltensweisen sind das Bauen von Hochnestern, das gegenseitige Treiben über Halme und Äste beim Paarungsverhalten und

das äußerst sorgfältige Bündeln und Tragen von Jungen (SOELLNER 1993).

Das Verbreitungsgebiet erstreckt sich von Nordspanien und Südengland im Westen über ganz Mittel- und Osteuropa bis nach Asien, den japanischen Inseln und die orientalische Region (BÖHME 1978). Ihre Populationsdichte ist sehr variabel, wobei nichtzyklische Massenwechsel typisch sind (FELDMANN 1984). *M. minutus* erreicht im Freiland ein Höchstalter von 18 bis 20 Monaten.

Ihre Nahrung besteht vorwiegend aus Samen von Gräsern und Getreide sowie aus tierischer Kost. Die Tragzeit beträgt 21 Tage, die mittlere Wurfgröße 3 bis 6 Junge (BÖHME 1978, FRANK 1954). Die Jungen werden im Freiland mit 40 bis 50 Tagen geschlechtsreif, in Gefangenschaft etwas früher (BÖHME 1978).

Die vorliegende Arbeit besteht aus 3 unabhängigen Kapiteln, in denen Aspekte der Lebensgeschichte, der Ökologie, der räumliche Verteilung und der Aktivitäten untersucht werden.

Das Kapitel „Lebensgeschichte“ behandelt eine 9monatige Laboruntersuchung an 12 Paaren, bei denen unterschiedliche Parameter der Lebensgeschichte betrachtet werden. Das Geschlechterverhältnis, die Gewichtsentwicklung, die Mortalität und der Sexualdimorphismus der Jungen von der Geburt bis zur Entwöhnung wurden untersucht, weiterhin der Fortflanzungserfolg (Anzahl und Größe der Würfe) und die Gewichtsentwicklung der adulten Tiere.

Das Kapitel „Ökologie“ beschäftigt sich mit allgemeinen ökologischen Aspekten einer in ein Haferfeld eingesetzten Population. Die Verteilung der Nester, die Populationsentwicklung und Gewichtsentwicklung wurden untersucht.

Das Kapitel „Aktionsräume und Laufstrecken“ besteht aus einer radiotelemetrischen Untersuchung über die räumliche Verteilung und einer Analyse der Aktivitäten der Mäuse in dem Haferfeld.

2 LEBENSGESCHICHTE („life history“)

2.1 EINLEITUNG

Die Entwicklung eines Tieres und die Folge der Ereignisse, die es von seiner Geburt bis zu seinem Tod erlebt, sind als artspezifische Überlebens- und Fortpflanzungsstrategien zu sehen (DELANY 1982). Im einzelnen üben die Daten der Lebensgeschichte, wie Geburtsgröße, Wachstumsmuster, Fortpflanzungsalter, Fortpflanzungsgröße, Jungenzahl, Größen- und Geschlechterverhältnis der Nachkommen, größen- und altersabhängige Mortalität, Lebensdauer usw. in ihren Grundmustern als Anpassung an die Umweltbedingungen einen Evolutionsdruck zur Fitneßmaximierung aus (STEARNS 1992). Diese Daten sind in gewissen Grenzen variabel, was sich in individuellen Unterschieden unter gleichen, vor allem aber unter unterschiedlichen Bedingungen zeigt.

Aspekte der Lebensgeschichte der Zwergmaus *Micromys minutus* wie Jugendentwicklung, Populationsdynamik und Verhalten wurden bereits von anderen Autoren untersucht (KÄSTLE 1953, FRANK 1957, TROUT 1978, SOELLNER 1993). Die Art weist einige Besonderheiten auf, wie zum Beispiel einen Sexualdimorphismus, bei dem die Weibchen größer sind (BÖHME 1969, KOSTELA und VIRO 1976), und ein zugunsten der Männchen verschobenes Geschlechterverhältnis (SOUTHWICK 1956, ROWE 1958). Bislang fehlen jedoch gezielte Untersuchungen über den Zeitpunkt der Entstehung des Sexualdimorphismus und dessen Entwicklung, ebenso über die Ursachen und Mechanismen des verschobenen Geschlechterverhältnisses. Sogar das primäre Geschlechterverhältnis bei der Geburt ist unbekannt. Der Lebensfortpflanzungserfolg (lifetime reproductive success) ist ebenfalls noch nicht untersucht worden.

Eine detaillierte Untersuchung der Lebensgeschichte dieser Art ist Ziel der vorliegenden Arbeit, insbesondere wurde das Geschlechterverhältnis von der Geburt bis zur Entwöhnung verfolgt, sowie die Entstehung des Sexualdimorphismus. Zusätzlich wurde eine Beschreibung des Fortpflanzungsverhaltens durchgeführt.

2.2 MATERIAL UND METHODEN

2.2.1 Tiere

Die Zwergmäuse, *Micromys minutus*, die für diese Untersuchung zur Verfügung standen, stammten von Zuchten aus Hannover, Leipzig, Bayreuth, Düsseldorf und Basel. Da einerseits nicht bekannt ist, ob die Tiere tatsächlich in diesen Regionen gefangen worden sind, und andererseits die Frage der Unterarten noch umstritten ist, können sie nicht mit Sicherheit einer Unterart zugeordnet werden. Für Mitteleuropa ist nach BÖHME (1978) nur *Micromys minutus soricinus* gültig. Die Formen *Micromys minutus pratensis* und *Micromys minutus subobscurus* stuft er als Ökotypen ein.

2.2.2 Haltung

Zwölf Versuchspaare („Versuchsgruppe“) wurden in je einem Glaskäfig (60 cm x 30 cm x 30 cm) mit einem 60 cm hohen runden Turm aus Plexiglas gehalten. Als Bodenschicht wurden Streu und Heu verwendet. Zum Klettern und Nestbauen wurden Bambusäste bzw. Getreidepflanzen eingebracht. Futter und Wasser wurden ad libitum geboten (Abb. 2-1).

Andere Mäuse, die zur Zucht verwendet wurden, wurden in Gruppen von 1 bis 30 Tieren in Käfigen gehalten („Zuchtgruppen“).

2.2.3 Versuchsaufbau

Bei Versuchsbeginn lag das Alter der Weibchen der Versuchsgruppe zwischen 35 und 170 Tagen, und sie hatten noch nicht geworfen (Tab. 2-4). Das Alter der Männchen betrug mindestens 180 Tage. Die Versuche wurden über einen Zeitraum von 9 Monaten, von November 1993 bis Juli 1994, durchgeführt. Alle Versuchstiere wurden täglich kontrolliert und die Wurfdaten notiert. Die Tiere wurden wöchentlich gewogen und ihre Körpermaße bestimmt. Die Jungen wurden im Alter von drei Wochen oder bei Vertreibung durch die Eltern aus den Versuchskäfigen herausgenommen.

Die neugeborenen Mäuse wurden nach der Kaltbrandmethode (NEWTON 1977) individuell markiert. Dazu wird eine Präpariernadel mit abgerundeter Spitze und verlängertem Stiel für einige Sekunden in Flüssigstickstoff gekühlt. Die Spitze wird dann kurz an Schulterbereich, Oberschenkel oder Schwanz der Tiere gehalten. Innerhalb von vier Wochen nach dieser Behandlung wuchsen an den so markierten Stellen weiße Haare, deren Muster zur individuellen Erkennung verwendet wurden. Jeweils am 1., 7., 14. und 28. Lebenstag wurden die Jungen gewogen und gemessen, und ihr Geschlecht bestimmt. Die

Bestimmung des Geschlechts erfolgte nach dem Anogenital-Abstand (Anus-Praeputium penis bzw. Praeputium clitoridis), bei den Männchen ist der Wert größer als bei den Weibchen.

Zusätzlich wurden die Daten der Zuchtgruppen ausgewertet. Diese Gruppen wurden jede zweite Woche gewogen. Neue Würfe wurden registriert und - sofern möglich - dem Muttertier zugeordnet.



Abb. 2-1. Versuchskäfig

2.2.4 Beobachtungen

Das Fortpflanzungsverhalten wurde durch die ad-libitum-Methode (MARTIN & BATESON 1986) beschrieben und nicht quantitativ erfaßt. Jedes Versuchspaar wurde zu unregelmäßigen Zeiten, überwiegend nachts, durchschnittlich 5 Stunden pro Woche von Februar bis Juni 1994 beobachtet. Bei den Zuchtgruppen wurde darüber hinaus auffälliges Verhalten protokolliert.

Die Beobachtungen wurden bei Rotlicht durchgeführt, um Störungen der Tiere zu vermeiden. PROSSER & BROWN (1961) konnten bei *Rattus norvegicus* keine Empfindlichkeit für rotes Licht nachweisen.

2.3 ERGEBNISSE

2.3.1 Fortpflanzungsverhalten

Paarungsvorspiel und Paarung

Nach dem Zusammensetzen eines Paares im Käfig versuchten die Männchen, sich dem Weibchen zu nähern und naso-genitalen Kontakt aufzunehmen. Die Antwort des Weibchens war sehr unterschiedlich, manchmal ignorierte es das Männchen völlig, andere Male vertrieb es das Männchen und griff sogar an. In 2 Fällen wurde beobachtet, daß das Weibchen die Initiative zur Kontaktaufnahme ergriff. Das Weibchen lief mehrmals zum Männchen, beroch seine Genitalien und entfernte sich wieder. Wenn das Weibchen kopulationsbereit war, reagierte es positiv auf das Verhalten des Männchens und beroch dessen Nase und Genitalien. Darauf verfolgten sich beide, wobei das Männchen meist hinter dem Weibchen herlief. In der Zwischenzeit wurden naso-nasale und naso-genitale Kontakte aufgenommen und die Genitalien geputzt.

Bei 3 Paaren wurden Kopulationen beobachtet. Das Männchen versuchte, das Weibchen zu besteigen, das Weibchen blieb nur sekundenlang ruhig, lief aber gleich danach weg. Das Männchen ritt mehrmals auf, bis schließlich die Kopulation erfolgte. Bei der Kopulation zeigte das Weibchen die Lordose-Stellung mit durchgedrücktem Körper und nach hinten über den Rücken gestrecktem Kopf. Die Kopulation wurde in zwei Fällen von Lautäußerungen begleitet. Ein Paar kopulierte mehrfach über 3 Stunden. In anderen Fällen kopulierten die Paare innerhalb eines Zeitraums von 10 Minuten. Danach lehnten die Weibchen weitere Kontakte mit den Männchen ab.

Bei der Zucht wurde einmal eine Kopulation beobachtet, nach der das Weibchen das Männchen vertrieb, woraufhin das Männchen das Weibchen länger verfolgte und keinen Kontakt weiterer Männchen mit dem Weibchen zuließ. Dieses „Begleitungsverhalten“ wurde von dem Weibchen jedoch ignoriert.

Nach der Kopulation entfernte sich das Männchen oder es wurde vom Weibchen vertrieben. Alle späteren auf die Jungen bezogenen Aktivitäten wie Nestbau oder Jungenaufzucht wurden ausschließlich vom Weibchen durchgeführt.

Geburt und Perinatales Verhalten

Während der Trächtigkeit zeigten die Weibchen kein auffälliges Verhalten. Ein paar Tage vor der Geburt hielten sie sich nur im Nest auf. In der Nacht verließen sie es kurz und tranken Wasser. Nahrungsaufnahme wurde vom Tag vor bis zum Tag nach der Geburt nicht beobachtet. Die Geburten fanden meistens in der Nacht statt. Die Weibchen zeigten noch am Wurftag wieder Paarungsbereitschaft (Post-Partum-Östrus).

Einige Tage vor und nach der Geburt verhielt sich das Weibchen gegenüber dem Männchen und anderen Artgenossen (in den Zuchtkäfigen) aggressiv; sogar die eigenen Jungen vom letzten Wurf wurden angegriffen und aus der Nähe des Nests vertrieben. Ganz besonders richtete sich die Aggression gegen das Männchen, das intensiv gejagt wurde. Bei der Paarhaltung erlitten die Männchen dabei Verletzungen, meist am Schwanz, was manchmal zum teilweisen Verlust dieses Körperteils führte.

Nestbau

Mehrere Tage, spätestens einen Tag vor dem Werfen, bauten die Weibchen ein kugelförmiges Brutnest von ca. 8 cm Durchmesser. Beim Vorhandensein vertikaler Strukturen wie Zweigen oder Grashalmen wurde das Nest in der Höhe von bis zu 40 cm über dem Boden gebaut. Dabei wurden zum Beispiel Blätter der Haferpflanzen verwendet. Das Nistmaterial wurde zum Teil an den Stengeln belassen; damit wurde das Nest verankert. Im Innenraum wurden die Pflanzen ganz fein ausgefasert und bildeten eine weiche Auskleidung. Weiteres Material wurde vom Boden aufgesammelt und quer im Maul zum Nest transportiert. Beim Fehlen vertikaler Strukturen im Käfig wurden Bodennester gebaut, die im Prinzip den Hohnestern entsprachen. Auch wurde ein einfaches Loch im Heu als Brutnest benutzt. Die Nester hatten einen Eingang, der vom Weibchen beim Verlassen verschlossen wurde. Einige Weibchen bauten auch Nester, obwohl sie nicht trächtig waren. Diese „Schlafnester“ waren generell kleiner als die Brutnester, und der Eingang blieb immer offen.

Die Weibchen bauten und nutzten zwar keine gemeinsamen Nester, ein positives Sozialverhalten kann aber nicht ausgeschlossen werden, wofür auch folgende Beobachtung spricht: Ein Weibchen versuchte vergeblich, eine hochträchtige Schwester (desselben Wurfes), die sehr geschwächt war, ins Nest zu tragen.

Entwöhnung

Die ersten drei bis fünf Tage nach der Geburt hielt sich das Weibchen hauptsächlich im Nest mit den Jungen auf, danach wurde es in einem zweiten Nest oder an einem Ruheplatz beobachtet. Das Weibchen besuchte das Nest mit den Jungen, mit der Zeit jedoch seltener und mit kürzeren Aufenthaltszeiten. Nach spätestens 20 Tagen blieben die Jungen sich selbst überlassen. Wenn das Weibchen einen weiteren Wurf hatte, war die Entwöhnung kürzer als bei einem einzigen Wurf.

Die Jungen wurden am 10. Tag kurz außerhalb des Nests beobachtet, sie blieben aber in dessen Nähe. Nach dem 14. Tag waren sie bereits sehr aktiv, fraßen, tranken und versuchten zu klettern. Gelegentlich brachte die Mutter die Jungen wieder ins Nest.

2.3.2 Entwicklung

Die individuelle Entwicklung der Jungtiere wurde bei 16 Würfen mit insgesamt 46 Tieren verfolgt. Die Neugeborenen wogen im Durchschnitt 1,2 g. Am 14. Tag, dem Zeitpunkt des Beginns der Entwöhnung, wogen die Mäuse 3,9 g; als Erwachsene, am 60. Tag, 6,6 g (Abb. 2-2). Die durchschnittliche Kopfrumpflänge betrug am 1. Tag 24,4 mm und stieg bis auf 58,6 mm am 60. Tag an. Die Gewichtsdaten, die Standard-Körpermaße sowie die Anogenital-Abstände sind nach Männchen und Weibchen getrennt in Tabelle 2-1 angegeben.

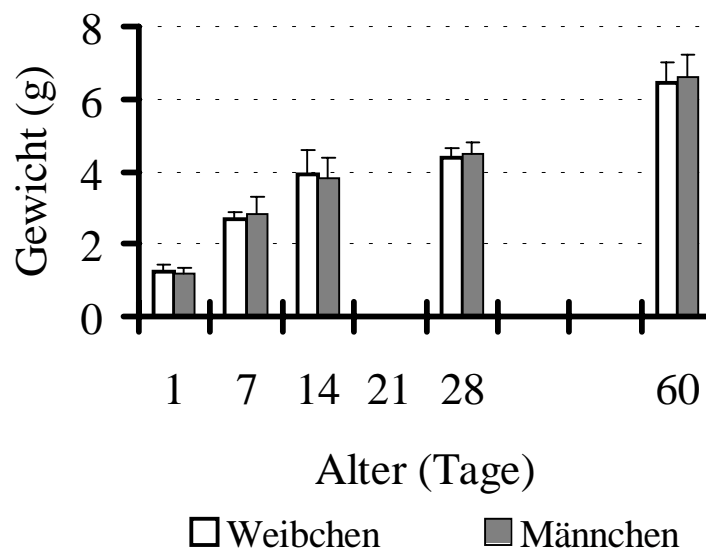


Abb. 2-2. Postnatale Gewichtsentwicklung (Durchschnittlicher Wert und Standardabweichung) unter Laborbedingungen von *M. minutus* getrennt nach Geschlechtern

Tab. 2-1. Durchschnittswerte von Gewicht und Körpermaßen im Labor gehaltener *M. minutus*. G = Gewicht (g); KRL = Kopfrumpflänge; SL = Schwanzlänge; HFL = Hinterfußlänge; AA = Anogenital-Abstand (alle Maße in mm).
T-Test: n.s. = nicht signifikant ($P > 0,05$); * = signifikant ($P < 0,05$); ** = hoch signifikant ($P < 0,01$); *** = höchst signifikant ($P < 0,001$)

ALTER Tage	N		G		KRL		SL		HFL		AA	
	♂	♀	♂	♀	♂	♀	♂	♀	♂	♀	♂	♀
1	32	14	1,2	1,3	24,1	25,4	10,5	10,8	5,5	5,6	2,9	1,5
			n.s.		n.s.		n.s.		n.s.		**	
7	22	8	2,8	2,7	36,1	35,1	26,7	24,4	9,3	8,2	3,8	1,8
14	32	14	3,8	3,9	46,9	46,4	42,3	43,0	12,1	12,6	5,8	3,8
			n.s.		n.s.		n.s.		n.s.		**	
21	16	5	4,5	4,4	50,5	50,2	44,2	43,8	13,8	13,7	6,6	4,1
28	30	13	5,7	5,7	52,7	54,6	46,7	49,8	13,8	14,1	7,0	4,8
60	26	11	6,6	6,4	58,7	58,3	50,8	52,2	13,9	14,0	8,4	5,1
			n.s.		n.s.		n.s.		n.s.		***	

2.3.3 Entwicklung in Beziehung zur Wurfgröße

Um festzustellen, ob die Wurfgröße die Entwicklung der Jungen beeinflusst, wurde die Gewichtsentwicklung von Individuen aus Würfen verschiedener Wurfgröße analysiert.

Die Gewichtsentwicklung der Jungen wurde anhand von jeweils vier 2er-, 4er- und 5er-Würfen am 1., 14. und 60. Tag verglichen. Am langsamsten nahm das Gewicht der Jungen in einem 5er- Wurf zu, von durchschnittlich 1,1 g über 3,5 g auf 6,5 g. Bei einem 4er-Wurf nahm das Gewicht schneller zu, von 1,2 g auf 3,9 g und auf 6,4 g. In einem 2er-Wurf gab es eine deutlich schnellere Zunahme von 1,4 g über 4,6 g auf 7,1 g (Abb. 2-3).

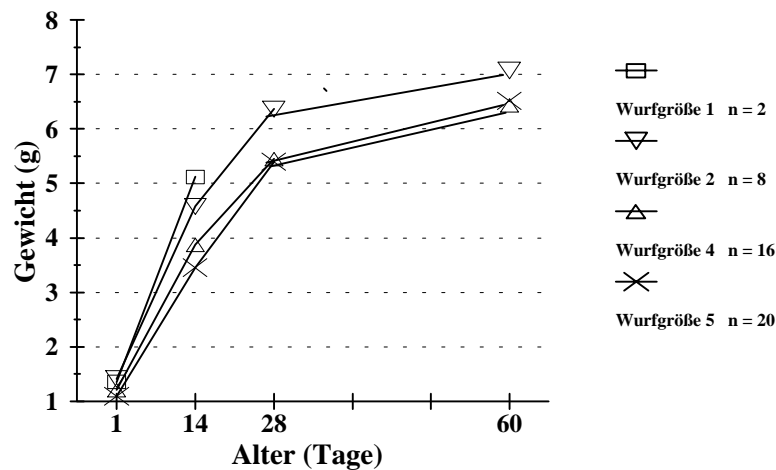


Abb.2-3. Einfluß der Gewichtsentwicklung auf die Wurfgröße von *M. minutus* unter Laborbedingungen n=Anzahl der Individuen

Die Gewichtsunterschiede von Individuen aus 2er-, 4er- oder 5er-Würfen waren signifikant am 1. Tag und hoch bzw. höchst signifikant am 14. Tag (Entwöhnung). Am 28. Tag waren Unterschiede nur noch zwischen Individuen aus dem 2er- und 4er-Wurf bzw. dem 2er- und 5er Wurf vorhanden. Bei 60 Tage alten Individuen kamen keine signifikanten Unterschiede vor (Tab. 2-2).

Tab. 2-2. U-Test. Vergleich der Gewichte von *M. minutus* aus 2er-, 4er- und 5er Würfen im Alter von 1, 14, 28 und 60 Tagen. n.s. = nicht signifikant ($P > 0,05$); * = signifikant ($P < 0,05$); ** = hoch signifikant ($P < 0,01$); *** = höchst signifikant ($P < 0,001$)

Vergleichsgruppe	ALTER			
	1. Tag	14. Tag	28. Tag	60. Tag
Wurfgröße 2 und 4	p = 0,032 * n = 24	p = 0,0005 *** n = 24	p = 0,0007 *** n = 20	p = 1,095 n. s. n = 17
Wurfgröße 2 und 5	p = 0,001 ** n = 28	p = 0,0001 *** n = 28	p = 0,0003 *** n = 28	p = 0,192 n. s. n = 25
Wurfgröße 4 und 5	p = 0,026 * n = 36	p = 0,0056 ** n = 36	p = 0,68 n. s. n = 32	p = 0,893 n. s. n = 32

2.3.4 Sexualdimorphismus

Die Unterschiede im Gewicht und in den Körpermaßen der 46 Individuen (Nachkommen der Versuchspaare) wurden am 1., 7., 14., 28. und 60. Tag mit dem t-Test auf Signifikanz geprüft, um den Sexualdimorphismus zu untersuchen. Außerdem wurde die Gewichtsentwicklung der Tiere der Versuchsgruppe verfolgt, um eventuelle geschlechtskorrelierte Unterschiede feststellen zu können.

Ein deutlicher Sexualdimorphismus war bis zum 60. Lebenstag weder im Gewicht noch in den Körpermaßen erkennbar (Tab. 2-1). Das einzige Körpermaß, das einen signifikanten Unterschied aufwies, war der Anogenital-Abstand, der bei den Männchen von Geburt an größer war.

Zum Vergleich der Gewichte und Körpermaße der über 6 Monate alten Männchen und Weibchen wurden auch Daten aus der Zuchtgruppe herangezogen. Die Männchen waren hier mit einem Gewicht von durchschnittlich 7,3 g leichter als die Weibchen mit 7,6 g, dieser Unterschied war jedoch nicht signifikant (t-Test $p = 0,26$). Auch die durchschnittlichen Körpermaße der Männchen waren geringer. Ein hoch signifikanter Unterschied ergab sich bei der Schwanzlänge mit 51 mm bei den Männchen und 55,7 mm bei den Weibchen ($p = 0,003$). Die Kopfrumpflänge der Männchen mit einem Wert von 57,4 mm unterschied sich allerdings nicht signifikant von der der Weibchen mit 59,3 mm ($p = 0,12$). Auch die Hinterfußlänge der Männchen wich mit 11,5 mm nicht signifikant von der der Weibchen mit 12,8 mm ab ($p = 0,07$).

Dagegen war bei den Tieren der Versuchsgruppe der Sexualdimorphismus deutlich. Für die Analyse wurden nur Tiere mit einer Versuchsdauer von mindestens 100 Tagen berücksichtigt. Alle diese adulten Mäuse nahmen nach dem 60. Lebenstag bis zum Versuchsende an Gewicht zu, die Weibchen mit 1,6 g bis 4,0 g deutlich stärker als die Männchen mit 0,7 g bis 2,0 g. Dieser Unterschied ist höchst signifikant (t-Test $p = 0,0008$). Nach jeder Trächtigkeit blieb eine Gewichtszunahme erhalten (Abb 2-4). Prozentual ergab sich eine Zunahme von bis zu 43,8 % des Körpergewichts für die Weibchen und bis zu 20 % für die Männchen (Tab. 2-3). Um vergleichbare Werte zu erhalten, wurden die Werte der Weibchen nur im nicht-graviden Zustand berücksichtigt.

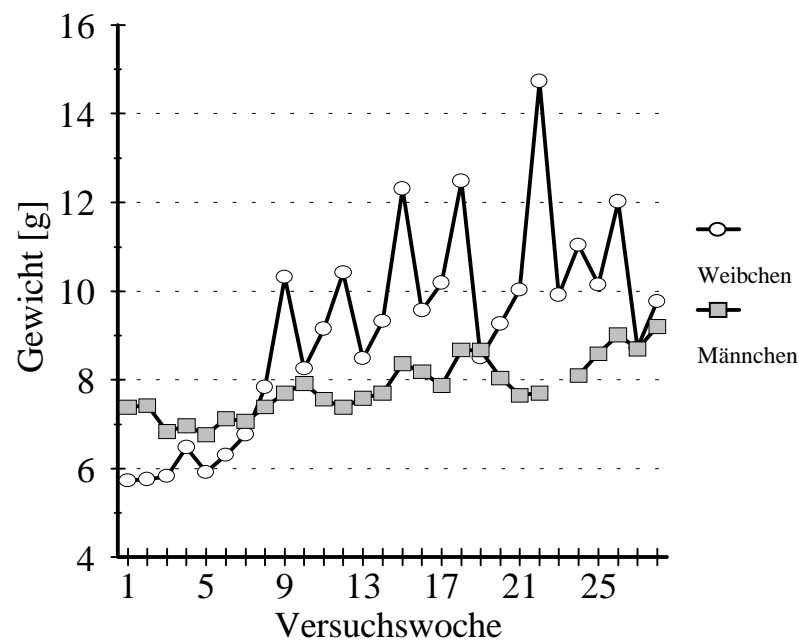


Abb. 2-4. Gewichtsentwicklung eines Weibchen und eines Männchens im Versuchsverlauf

Tab. 2-3. Gewichtsentwicklung von je 10 *M. minutus*-Männchen und -Weibchen während des 9monatigen Versuchs. GAV = Gewicht bei Versuchsanfang. GEV = Gewicht bei Versuchsende

♀	GAV	GEV	%Zunahme	♂	GAV	GEV	%Zunahme
A	5,5	9,7	43,8	A	7,0	8,3	16,0
B	5,7	9,8	41,3	B	7,4	9,2	19,7
E	4,8	9,1	47,1	E	6,3	8,0	21,9
F	6,4	8,4	23,0	F	9,6	8,9	-7,7
G	5,6	7,4	24,6	G	7,8	9,8	20,4
H	4,7	8,6	45,7	H	7,9	8,9	11,5
I	5,1	7,4	30,8	I	7,3	7,0	-4,1
J	4,6	8,3	45,0	J	8,3	7,3	-14,2
K	7,2	9,2	21,3	K	8,2	9,3	11,9
L	5,6	9,1	39,0	L	6,9	7,6	9,2
$\bar{x} = 36,2$				$\bar{x} = 8,4$			

2.3.5 Fortpflanzungserfolg: Anzahl und Größe der Würfe

Die Gesamtzahl der Nachkommen eines Weibchens während des Untersuchungszeitraums wurde als Fortpflanzungserfolg betrachtet. Die Versuchsdauer betrug 9 Monate, jedoch ergaben sich für einzelne Weibchen aufgrund einiger Todesfälle geringere Versuchszeiten (Tab. 2-4).

Der Fortpflanzungserfolg der Weibchen variierte von 0 bis 19 Jungen. Von den 12 Paaren hatten 4 Weibchen keine Nachkommen, die übrigen hatten 1 bis 6 Würfe und 3 bis 19 Nachkommen. Insgesamt wurden 29 Würfe mit 98 Jungen registriert (Tab. 2-4). Aus den Daten ergab sich ein durchschnittlicher Fortpflanzungserfolg von 2,4 Würfen und 8,3 Jungen über die gesamte Lebensspanne eines Weibchens. Es gab keine Korrelation zwischen Weibchengewicht und Nachkommenzahl (Spearman Korrelation $p = 0,697$). (Bei den Mäusen aus den Zuchtkäfigen konnte die Zahl der Nachkommen pro Weibchen nicht immer ermittelt werden).

Tab. 2-4. Fortpflanzungserfolg der Versuchsweibchen von *M. minutus* in Anzahl der Nachkommen innerhalb eines 9monatigen Versuchs unter Laborbedingungen

♀	ALTER Versuchsbeginn [Tage]	VERSUCHS- DAUER [Tage]	WÜRFE [n]	JUNGE aller Würfe [n]
A	88	138	2	9
B	56	272	4	19
C	70	30	0	-
D	88	46	0	-
E	56	110	1	3
F	75	194	4	13
G	35	175	4	10
H	85	131	5	19
I	146	133	0	-
J	108	196	3	7
K	170	209	6	19
L	92	102	0	-
			$\Sigma = 29$	$\Sigma = 99$

Bei den Versuchsweibchen lag die Wurfgröße bei 1 bis 6 Jungen, durchschnittlich 3,4 Jungen. In der übrigen Zucht und aus den Nebenversuchen wurden weitere 43 Würfe mit 2 bis 8 Jungen beobachtet, hier lag der Durchschnitt bei 4,1. Am häufigsten kam der 4er-Wurf vor (Abb.2-5).

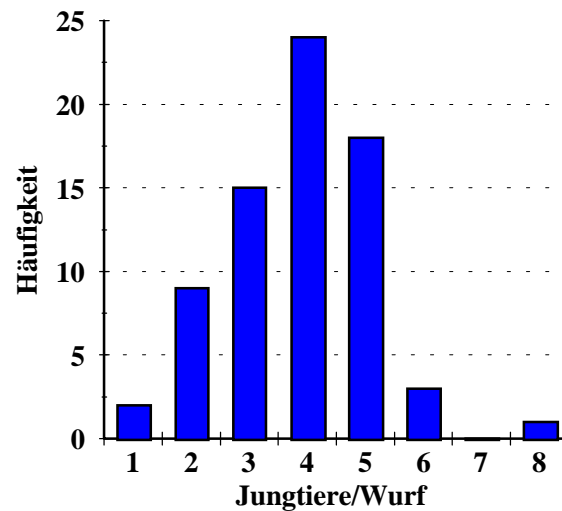


Abb. 2-5. Häufigkeitsverteilung der Wurfgröße von *M. minutus* unter Laborbedingungen (n = 72)

2.3.6 Einflußfaktoren auf die Wurfgröße

Die Reihenfolge der Würfe, die Größe des vorherigen Wurfs und die Geburtsintervalle wurden mit der Wurfgröße korreliert, um den Zusammenhang jeden Faktors mit der Wurfgröße zu analysieren.

Ein Zusammenhang zwischen Wurfgröße und Reihenfolge konnte nicht festgestellt werden (Spearman Korrelation $r = 0,11$, $p = 0,565$). Es gab bei erst- und zweit-gebärenden Weibchen Wurfgrößen von 1 bis 5 Jungen und in den nächsten Würfen von 3 bis 6 Jungen.

Die Größe des jeweils vorherigen Wurfs schien gleichfalls keinen Einfluß auf den folgenden Wurf zu haben (Spearman Korrelation $r = 0,10$, $P = 0,663$). Insgesamt deutete sich aber eine Tendenz zu abwechselnd kleineren und größeren Würfen an (Tab. 2-5).

Die analysierten Geburtsintervalle variierten von 16 bis 45 Tagen, im Durchschnitt waren es 24,2 Tage und zeigten ebenfalls keine Korrelation mit der Wurfgröße (Spearman Korrelation $r = 0,26$, $P = 0,25$). Längere Geburtsintervalle traten nach einem größeren Wurf auf, hingegen ergaben sich die kürzesten Geburtsintervalle von 16 bis 17 Tagen nach einer Wurfgröße von 2 (Tab. 2-5).

Tab. 2-5. Wurfzusammensetzung, Wurfgröße und Geburtsintervalle (Geb. Int.) der Versuchswelbchen über 9 Monaten

WEIBCHEN	WURF	♂	♀	Wurfgröße	♂ %	Geb. Int.(d)
A	1.	4	1	5	80	22
	2.	2	2	4	50	
B	1.	4	1	5	80	25
	2.	2	2	4	50	23
	3.	2	4	6	33	45
	4.	2	2	4	50	
E	1.	1	2	3	33	
F	1.	3	1	4	75	20
	2.	0	1	1	(00)	19
	3.	1	2	3	33	19
	4.	3	2	5	60	
G	1.	1	1	2	50	21
	2.	1	1	2	50	19
	3.	1	2	3	33	26
	4.	2	1	3	66	
H	1.	3	2	5	60	25
	2.	2	0	2	100	16
	3.	3	1	4	80	25
	4.	1	3	4	25	20
	5.	2	2	4	50	
J	1.	1	0	1	(100)	40
	2.	1	1	2	50	22
	3.	3	0	3	100	
K	1.	2	0	2	100	17
	2.	4	1	5	80	24
	3.	2	0	2	100	17
	4.	3	1	4	75	37
	5.	3	0	3	100	19
	6.	2	1	3	66	
				$\bar{x} = 3,4$	$\bar{x} = 23,9$	

2.3.7 Geschlechterverhältnis in den Würfen

Das Geschlechterverhältnis der 29 Würfe mit 98 Jungen in der Versuchsgruppe war mit 61 Männchen (62,2 %) deutlich zugunsten der Männchen verschoben. Der Unterschied war signifikant ($z = -2,50$, $P = 0,027$). Die Berechnung von 43 Würfen aus der Zucht mit 88 Männchen und 91 Weibchen (ohne die Versuchsgruppe) ergab dagegen einen leichten nicht signifikanten Weibchenüberschuß von 1 % ($z = 0,22$, $p = 0,881$).

In einzelnen Würfen trat eine starke Variabilität des Geschlechterverhältnisses bis hin zum Auftreten nur eines Geschlechts (Tab. 2-5). Ein Zusammenhang zwischen

Geschlechterverhältnis der Jungen und Reihenfolge der Würfe (Spearman Korrelation $r = -0,1$, $p = 0,552$) oder Wurfgröße (Spearman Korrelation $r = -0,08$, $p = 0,661$) war nicht zu erkennen.

2.3.8 Lebensdauer und Mortalität

Adulte Tiere

Die Mortalität der Weibchen während des Versuchs betrug 67 % (8 von 12 Weibchen). Die Weibchen starben im Alter von 100 bis 379 Tagen. Die Lebensdauer für die übrigen 4 Weibchen wurde nicht verfolgt. Beim Versuchsende waren sie zwischen 166 und 279 Tagen alt. Demgegenüber hatten die Männchen eine deutlich geringere Mortalität von 8,3 %. Die Lebensdauer der Männchen konnte nicht genau festgestellt werden; bis auf ein Tier überlebten sie bis zum Ende des Versuchs und waren mindestens 450 Tage alt.

Jungtiere

Die Jungtiere zeigten ebenfalls eine geringe Mortalität. Von den 99 Jungtieren aus der Versuchsgruppe, die vom 1. Tag bis zur Entwöhnung am 14. Tag kontrolliert wurden, starb ein Individuum aus einem 3er-Wurf sowie ein ganzer 4er-Wurf. Die Mortalität der Jungtiere in der Zuchtgruppe wurde nicht verfolgt. Eine Abnahme der Jungtiere oder das Verschwinden eines ganzen Wurfs wurde 4mal dokumentiert, insgesamt gab es 8 Todesfälle.

2.4 DISKUSSION

2.4.1 Gewichtsentwicklung

Mehrere Autoren berichten über Gewichts- und Wachstumswerte von *M. minutus* sowohl im Labor als auch im Freiland (Tab. 2-6). Der Vergleich ihrer Daten untereinander und mit denen der vorliegenden Arbeit ergibt auffällige Unterschiede.

Die hier gefundenen Gewichte von 1,2 g am 1. Tag, 3,8 g bei der Entwöhnung und 6,6 g am 60. Tag sind geringer als die von KÄSTLE (1953). Er fand unter Laborbedingungen höhere Werte in der Gewichtsentwicklung und Unterschiede in der Gewichtszunahme von bis zu 1 g an 46 Mäusen. ZIMMER (1992) veröffentlichte eine im Labor erstellte Gewichtskurve mit niedrigeren Werten (Tab. 2-6). Diese Unterschiede dürften auf unterschiedlichen Haltungsbedingungen, andere Ernährung und Herkunft aus anderen Wildpopulationen beruhen.

Im Vergleich zu anderen Arten verläuft die Entwicklung von *M. minutus* schnell und die Investition in die Fortpflanzung (sensu reproductive effort „that proportion of metabolic resources devoted to reproduction“, LINCOLN ET. AL. 1982) ist ziemlich groß. Ein Weibchen erreicht während der Trächtigkeit ein Gewicht von bis zu 7,3 g und produziert Würfe von durchschnittlich 4 g, dies entspricht 67 % des eigenen Körpergewichts. Dieser Wert, bezogen auf das absolute Körpergewicht, ist ungewöhnlich hoch. Bei anderen Mitgliedern der Muriden wie etwa *Mus musculus*, *Apodemus mystacinus*, *Acomys* sp. oder *Rattus rattus* beträgt die Zunahme dagegen nur 18 bis 34 % des eigenes Gewichts (GRZIMECK 1988). Bei der Geburt wiegen die Jungen von *M. minutus* 16,6 % des Adultgewichts, im Vergleich dazu wiegen die Jungen obiger Arten 2,5 bis 10 % des adulten Gewichts (Abb. 2-6).

Tab. 2-6. Vergleich der Gewichts- und Wachstumsdaten von Zwergmäusen *Micromys minutus* unter Laborbedingungen und im Freiland nach verschiedenen Quellen. k.A. Keine Angabe

AUTOR	N	ALTER [Tage]	♂	♀	GEWICHT [g]		KRL [mm]	
					□	Max	\bar{x}	Max
Labor								
diese Untersuchung	32	1	♂		1,2	1,7	24,1	28,0
	14	1		♀	1,3	1,8	25,4	29,0
	32	14	♂		3,8	5,2	46,9	55,0
	14	14		♀	3,9	5,6	46,4	51,0
	30	28	♂		5,7	6,9	52,7	58,5
	13	28		♀	5,7	6,4	54,6	60,0
	26	60	♂		6,6	8,1	58,7	62,0
	11	60		♀	6,4	7,5	58,3	61,0
	25	<60	♂		7,3	9,9	57,4	65,0
	31	<60		♀	7,6	9,9	59,3	66,0
Kästle 1953	46	1	♂	♀	1,4		24,8	
		14	♂	♀	5,1		51,3	
		28	♂	♀	6,4		57,2	
		57	♂	♀	7,1		59,0	
Zimmer 1992	9	1	♂	♀	1,1	1,2		
	8	14	♂	♀	3,9	3,8		
	10	27	♂	♀	4,4	7,7		
	8	53	♂	♀	4,9	5,1		
Frank 1957		k. A.	♂			12,2		
			♀		12,3			
Freiland								
Frank 1957				♀		9,6		
Southwick 1956	216	k. A.	♂		6,0	7,8	58,9	65,0
			♀	6,0	8,2	58,5	69,0	
Rowe 1958	137	k. A.	♂		6,0	8,2	57,0	63,0
			♀	6,0	10,2	57,1	66,0	
Bree & Maassen 1962	24	k. A.	♂		6,5	8,4	*111,9	130,0
	31		♀	6,2	8,3	*110,0	135,0	
Böhme 1969	94	k. A.	♂		7,3	10,0	61,1	71,0
	89		♀	7,7	13,0	63,1	77,0	
Kostela & Viro 1976	228	k. A.	♂		6,3	9,0	59,6	71,0
			♀	6,4	12,5	58,6	70,0	

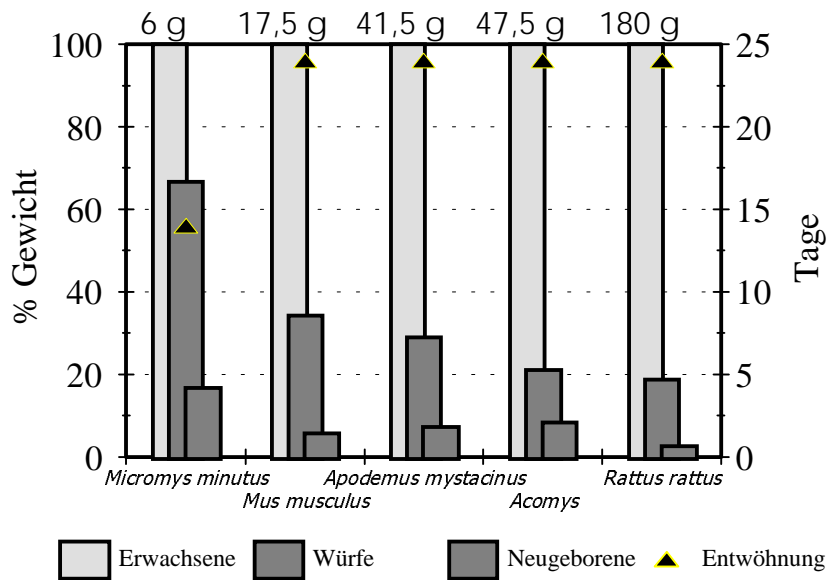


Abb. 2-6. Vergleich von Adult-, Wurf- und Individualgewicht sowie Entwöhnung verschiedener Muriden

Die Tragzeit von *M. minutus* von 17 - 20 Tagen liegt knapp unter den für die anderen Arten angegebenen Werten von 20 - 21 Tagen für *Mus musculus*, 23 Tage für *Apodemus mystacinus*, 34 - 38 Tage für *Acomys* oder 23 - 24 Tage für *Rattus rattus*. Die Säugezeit ist vergleichsweise kurz; die Entwöhnung findet schon nach knapp 14 Tagen statt, deutlich früher als bei den oben genannten Arten mit 21 bis 32 Tagen.

Der energetische Aufwand für die Reproduktion wurde von ZIMMER (1992) genauer untersucht. Zimmer kommt zu dem Ergebnis, daß sich der Energiebedarf während der Schwangerschaft kaum erhöht. Bei einer fast gleichbleibenden Futteraufnahme nimmt das gravide Weibchen bis zu 70 % zu. Dabei wirkt sich nach diesem Autor das Oberfläche/Volumen-Verhältnis stoffwechselreduzierend aus, so daß ein schwangeres Weibchen infolge der Gewichtszunahme einen geringeren spezifischen Nahrungsbedarf hat.

Bei der Laktation erhöht sich der Energiebedarf um 12,2 % bei einem Jungen und um 26,8 % bei zwei Jungen (ZIMMER 1992). Bei einer möglichen Wurfgröße von 8 Jungen wäre eine Zunahme des Energiebedarfs bzw. Energieverbrauchs von 150 % anzunehmen. Dieser Energiebedarf muß weitgehend durch die Nahrungsaufnahme gedeckt werden, da Kleinsäuger allgemein und *M. minutus* speziell nur sehr begrenzte Fettreserven besitzen. Verhaltensänderungen, wie eine Verminderung der Aktivitäten während der Laktationszeit,

wirken energiesparend (ZIMMER 1992).

2.4.2 Sexualdimorphismus

Nach Geschlecht getrennte Daten zur Gewichtsentwicklung liegen bisher von anderen Autoren nicht vor. Das dürfte teilweise an den Schwierigkeiten liegen, das Geschlecht bei Neugeborenen zu bestimmen. In der vorliegenden Untersuchung konnten die Mäuse individuell erkannt und ihre Entwicklung verfolgt werden, so daß in Zweifelsfällen das Geschlecht später bestimmt werden konnte. Es gibt bis zum 60. Tag keinen deutlichen Unterschied im Gewicht. Infolgedessen ist von gleicher mütterlicher Investition in die Nachkommen auszugehen, unabhängig von deren Geschlecht.

Ab dem 6. Monat besteht jedoch ein Gewichts- und Größenunterschied: Die Weibchen sind schwerer und größer (KRL) als die Männchen. Dieser Unterschied war allerdings nur bei den Versuchspaaren signifikant. Offenbar entwickelt sich der Sexualdimorphismus erst bei den reproduzierenden Tieren. Dies würde erklären, warum bei den Tieren aus der Zucht (reproduzierende und nicht reproduzierende) die Gewichtsunterschiede nicht signifikant sind.

Die höheren Gewichts- und Größenwerte der Weibchen diskutiert auch SOUTHWICK (1956), der als mögliche Ursache eine Wachstumsstimulierung durch die Gravidität bei den Weibchen annimmt. COLE & HART (1938 zit. in ROWE 1958) bestätigen eine Stimulierung des Skelett- und Gewebewachstums durch die Trächtigkeit bei Ratten. Die Daten der vorliegenden Untersuchung stimmen damit überein: Die Versuchsweibchen nahmen bei Trächtigkeit um 21 % bis 47 % des Ausgangsgewichts zu, während bei den Männchen die höchste Zunahme des Gewichts 21 % betrug, einige Männchen nahmen sogar ab. Mit Trächtigkeit wird aber auch das Kleinerwerden der Weibchen bei anderen Muriden erklärt (LEHMAN 1956, zit. in SOELLNER 1993).

Auch BÖHME (1969) und KOSTELA & VIRO (1976) fanden, daß die Weibchen im Freiland schwerer und länger waren (Tab. 2-6). SOUTHWICK (1956) und ROWE (1958) bestätigen mit ihren Untersuchungen ebenfalls die in dieser Arbeit gefundenen Unterschiede. Auch die entsprechenden Maxima sind bei den Weibchen deutlich höher als bei den Männchen (Tab. 2-6).

Im Gegensatz dazu berichten BREE & MAASSEN (1962) von schwereren und größeren Männchen in einer Population aus Holland. Warum in ihrer Population die Männchen

ausnahmsweise größer waren, kann nicht geklärt werden. Es handelt sich um eine Winterpopulation im Freiland, und Faktoren wie höhere Lebenserwartung der Männchen und entsprechend höheres Gewicht oder Unterschiede zwischen reproduzierenden und nicht reproduzierenden Tieren könnten eine Rolle spielen.

Ob bei *Micromys minutus* tatsächlich die Gewichtszunahme der Weibchen durch die Trächtigkeit verursacht wird, muß in weiteren Versuchen geprüft werden. Ein Vergleich der Wachstumsrate bei Männchen und Weibchen, die sich nicht fortpflanzen, könnte Aufschluß geben. Der Anpassungswert der größeren Körpermaße der Weibchen ist noch zu klären. Über höhere Gewichte von Weibchen im Vergleich zu Männchen wird von der Afrikanischen Waldmaus *Praomys shortridgei* berichtet (SMITHERS 1971, zit. in RALLS 1976). Größere Weibchen sind häufiger als vermutet. RALLS (1976) listet 39 Säugerarten auf, bei denen dieses Phänomen offensichtlich ist. Bei weiteren 71 Arten wird es vermutet, es fehlen jedoch statistische Nachweise.

RALLS (1976) analysiert das Auftreten dieses Phänomens bei den untersuchten Säugerarten und vertritt die Ansicht, daß es keinen Zusammenhang mit elterlicher Investition, Polyandrie, höherer Aggressivität der Weibchen oder mit der Ausbildung des Matriarchats gibt, und daß es sich selten als Ergebnis der sexuellen Selektion entwickelt. Der häufigste Selektionsdruck wäre möglicherweise mit der „Big-Mother-Hypothese“ zu erklären: Nach dieser kann eine größere Mutter einen größeren Fortpflanzungserfolg erreichen (RALLS 1976). Aufgrund der geringen Stichprobengröße reichen die vorliegenden Daten nicht aus, um diese Hypothese sicher zu bestätigen oder zu widerlegen. Jedoch zeigen die Daten keine Tendenz zur Bestätigung.

2.4.3 Geschlechterverhältnis

Das Geschlechterverhältnis am Ende der elterlichen Investition ist in diesem Versuch mit 62,2 % deutlich zugunsten der Männchen verschoben. Dagegen ist das Geschlechterverhältnis der Würfe aus der Zucht mit 49,2 % Männchen ausgeglichen.

FRANK (1957) ermittelte ein Geschlechterverhältnis von 52,6 % Männchen in 35 Würfen und schlägt eine höhere postnatale Sterblichkeit der Weibchen als Erklärung dieser Abweichung vor. SOELLNER (1993) veröffentlichte die Zusammensetzung von 20 Würfen mit einem Anteil von 58 % Männchen.

Ein zu den Männchen verschobenes Geschlechterverhältnis ist bei folgenden Nagern

nachgewiesen: Hausmaus *Mus musculus* (HOWARD ET. AL. 1954), Wiesenmaus *Microtus pennsylvanicus* und *Microtus ochrogaster* (MYERS & KREBS 1971), Labormaus *Rattus rattus* (GEIRINGER 1961) und Nutria *Myocastor coypu* (GOSLING 1986).

Bei den meisten Tierpopulationen liegt das natale Geschlechterverhältnis genetisch bedingt bei 1 : 1 (BARASH, 1980). FISHER (1930) argumentiert, daß ein andauernd ausgewogenes Geschlechterverhältnis Ausdruck eines selbstregulierenden Systems ist, das Abweichungen in einer der beiden Richtungen unterbindet. Andernfalls würde es Individuen von einem häufigeren und Individuen von einem selteneren Geschlecht geben, und es würde sich für die Eltern rentieren, in Individuen des selteneren Geschlechts zu investieren, um mehr Nachkommen zu produzieren. Dies würde das Equilibrium behindern. Nach der Fisher-Hypothese ist das Geschlechterverhältnis der Nachkommen am Ende der elterlichen Investition 1:1, wenn männliche und weibliche Individuen die gleiche Investition benötigen. In der Tat ist das Geschlechterverhältnis bei den meisten Säugetierpopulationen 1:1 (MYERS & KREBS 1971). Abweichungen davon sind Antwort auf verschiedene Einflüsse. Die Eltern können ihre Fitneß maximieren, indem sie das Geschlechterverhältnis je nach Kosten und Nutzen bei der Produktion der Nachkommen variieren. Geschlechtsspezifische Unterschiede des Energiebedarfs, der Überlebenschancen, der relativen Eignung etc. sind bei einer Reihe von Säugetieren nachgewiesen (TRIVERS, 1978).

Die Daten dieser Untersuchung deuten auf ein von 1:1 abweichendes primäres Geschlechterverhältnis hin. Es gibt bisher keine anderen Berichte über das primäre Geschlechterverhältnis von *M. minutus*, sondern nur Angaben über die Zusammensetzung der Würfe nach der Entwöhnung, wo FRANK (1957) und SOELLNER (1993) einen höheren Prozentsatz von Männchen fanden. Das ausgeglichene Geschlechterverhältnis aus der Zucht dieser Untersuchung ist nicht unbedingt ein Gegenargument, denn einige Würfe wurden erst nach der Entwöhnung kontrolliert, eine unterschiedliche Mortalität der Jungen könnte sich schon eingestellt haben.

Mehrere Faktoren wie Wurfgröße, Alter der Mutter, Primiparie oder Multiparie, Fekundität, Nahrungsstreß, Habitatqualität, Demographie der Population, klimatische Effekte, Dominanz der Mutter, Geburtszeit, Besamungszeit und Inzest können Variationen des Geschlechterverhältnisses verursachen (CLUTTON-BROCK & IASON 1986).

Die verursachenden Mechanismen für das abweichende Geschlechterverhältnis sind im Detail jedoch noch unklar. McShea & Madison (nach CLUTTON-BROCK & IASON 1986)

konnten den Einfluß des Lebensalters der Mutter auf das Geschlechterverhältnis bei *Microtus pennsylvanicus* nachweisen. Bei *M. minutus* gibt es dafür keine Hinweise.

Bei Laborkaninchen (*Oryctolagus cuniculus*, Lagomorpha) hat die Wurfgröße Einfluß auf das Geschlechterverhältnis: je größer der Wurf, desto geringer der prozentuale Anteil der Männchen (HAMMOND, 1934). In dieser Untersuchung findet sich keine diesbezügliche Beziehung.

KRACKOW & HOECK (1989) berichtet von einem Zusammenhang zwischen Geschlechterverhältnis und Besamungszeitpunkt innerhalb des Östruszyklus bei *Mus musculus*. Die Weibchen, die im Postpartum-Östrus kopulierten, produzierten einen höheren Prozentsatz an männlichen Nachkommen. Vergleichbares könnte in dieser Untersuchung aufgetreten sein. Die Tiere wurden paarweise gehalten, und es bestand die Möglichkeit, nach dem Werfen zu kopulieren, was in zwei Fällen auch beobachtet wurde.

KRACKOW (1990) beschreibt darüber hinaus bei *Mus musculus* eine höhere pränatale Mortalität der weiblichen Nachkommen unter Streßbedingungen. Ob dies auch für *M. minutus* gelten kann, ist mit dieser Untersuchung nicht zu beantworten.

Als weiteren Faktor für ungleiches Geschlechterverhältnis beschreibt MCCLURE (1981) geschlechtsspezifischen Infantizid bei der Florida-Buschratte *Neotoma floridana*. Dieser Mechanismus kann als Ursache für das verschobene Geschlechterverhältnis von *M. minutus* nicht ausgeschlossen werden, scheint aber nach dieser Untersuchung unwahrscheinlich. Hauptsächlich bei der Zucht wurden tote und halb aufgeessene Mäuse gefunden, und zwei Würfe verschwanden vollständig. Trotzdem ist es unklar, ob es sich dabei um Infantizid handelt. Es ist möglich, daß die Jungen schon tot waren und danach teilweise oder ganz gefressen wurden. Ein junges Weibchen aus der Zucht wurde beobachtet, wie es tote Junge fraß. Dieses Weibchen verließ nach dem Werfen sein Nest und kehrte nicht wieder zurück. Im Nest lagen zwei tote Junge, die offensichtlich abortiert waren, zumindest waren sie nicht voll entwickelt. Die Jungen lagen nach 3 Tagen immer noch im Nest, am 4. Tag wurden sie halb aufgeessen gefunden und entfernt. Bei den Versuchspaaren wurden in zwei Fällen tote Junge beobachtet. Ein Fall war nach einer Tragzeit von 16 Tagen wahrscheinlich ein Abort, da die minimale Tragezeit 17 Tage beträgt (TROUT 1978), außerdem wurden in diesem Fall die Jungen nicht angefressen. In dem anderen Fall wurde das Jungtier nicht gefressen.

Infantizid ist aber bei Zwergmäusen schon beobachtet worden. WILDE (1994) sah, wie ein fremdes Weibchen Nestlinge von einem anderen in ihrer Anwesenheit gefressen hat und

die Mutter nicht reagierte.

Die Wirkungen von Nahrungsstreß, Kondition der Mutter, Habitatqualität und Populationsdemographie können mit den Methoden der vorliegenden Arbeit (Laborbedingungen mit Futter und Wasser ad libitum, konstanter Raumtemperatur und Raumluchtfeuchtigkeit) nicht erfaßt werden. Ein Einfluß dieser Faktoren ist aber zu berücksichtigen; es ist möglich, daß der beobachtete Überschuß an Männchen nur durch die Laborbedingungen verursacht wird.

Ein Anpassungswert des Geschlechterverhältnisses ist nicht erkennbar. Lediglich bei deutlich von 1:1 abweichenden Geschlechterverhältnissen sind erhöhte elterliche Investitionen in das jeweils seltenere Geschlecht die für die Fitneß erfolgreichere Strategie. TRIVERS (1985) erklärte: „The total reproductive success of males must equal the total reproductive success of females. The ratio of investment in the two sexes will be 1:1. When a male costs the same as a female, the sexes will be produced in equal numbers; when a male is more expensive, fewer males than females will be produced, and viceversa“. Allerdings trifft das hier nicht zu, bis zum Ende der elterliche Investition gibt es keinen Unterschied zwischen Männchen und Weibchen. Der Fortpflanzungserfolg der Männchen ist noch nicht untersucht worden, so daß ein Vergleich nicht möglich ist.

Bei juvenilen und adulten Tiere berichten einige Autoren (SOUTHWICK 1956, ROWE 1958, ROWE & TAYLOR 1964, KUBIK 1952) von einem Männchenüberschuß (s. Kap. Ökologie). Dieses sekundäre Geschlechterverhältnis könnte theoretisch durch das verschobene primäre Geschlechterverhältnis verursacht werden.

2.4.4 Fortpflanzungserfolg, Anzahl der Würfe und Wurfgröße

In der Literatur sind für die Wurfgröße durchschnittliche Werte von 2,7 bis 4,8 angegeben (Tab. 2-7). Der in dieser Untersuchung gefundene Wert von 3,4 ordnet sich hier gut ein und ist direkt vergleichbar mit Ergebnissen von ZIMMER (1992) und FRANK (1957).

Tab. 2-7. Literaturangaben der Wurfgröße von *M. minutus* unter Laborbedingungen und im Freiland (verändert nach TROUT 1978 und aktualisiert)

AUTOR	WÜRFE n	WURFGRÖSSE	\bar{x}
Laboruntersuchungen			
Asdell 1942		5-12	
Piechocki 1952		4-7	
Kästle 1952	16		2,7
Frank 1957	35	2-6	3,9
Smirnov 1959	4	3-5	4,0
Trout 1978	86	1-7	4,8
Zimmer 1992	27		3,3
Serrano (Versuch)	29	1-6	3,4
(aus der Zucht)	39	1-8	4,0
Freilanduntersuchungen			
Kishida 1925		2-8	5,4
Sleptsov 1947		3-12	4,8
Mohr 1954		1-12	
Piechocki 1958		3-13	
Harris 1979	62	3-8	5,4
Imaizumi		2-7	
Trout 1978	12	3-7	5,3

Erstaunlicherweise wurden die größten Würfe im Freiland gefunden. Demnach scheinen Laborbedingungen für große Würfe nicht förderlich zu sein, trotz des ad lib. Nahrungs- und Wasserangebots und der gemäßigten Raumtemperatur. Der Mechanismus der Selbstregulation der Populationsdichte könnte ein beeinflussender Faktor sein. Die Zwergmäuse dieser Untersuchung wurden in Käfigen gehalten, was einer sehr hohen Dichte (ca. 100 000 Mäuse/ha) entspricht, die nicht im Freiland vorkommt. Zum Beispiel berichtet TROUT (1978) von einer Dichte von 17 bis 233 Zwergmäusen/ha im Freiland. REMMERT (1980) beschreibt diesen Mechanismus bei *Tupaja glis* (Tupaioidea): „Im Labor sind immer viel höhere Dichteverhältnisse als im Freiland. Trotz reichlicher Nahrung, ohne Feinde und ohne Parasiten hält hier also eine Organismenart seine Population langfristig auf einigermassen gleicher Höhe“.

HARRIS (1979) vertritt die Ansicht, daß sich die Wurfgrößen von *M. minutus* in den letzten 60 Jahren verringerten. Er erwähnt einen Durchschnittswert von 6,75 aus 16 vor 1917 gefundenen Würfen. Die Angaben aus der Literatur stimmen damit nicht voll überein, obwohl eine Tendenz erkennbar ist. Die kleinsten Wurfgrößen wurden von KÄSTLE (1953), ZIMMER (1992) und in der vorliegenden Untersuchung gefunden.

Ob Individuen eines kleineren Wurfes bessere Überlebenschancen haben, ist ungewiß. Der

Anpassungswert der Wurfgröße kann als Antwort auf verschiedene Umweltbedingungen variieren. Bei der vorliegenden Untersuchung wurde nachgewiesen, daß die Individuen aus einem kleineren Wurf (2 Jungen) bis zum 28. Tag größer sind und schneller wachsen als die Individuen aus einem großen Wurf (4 bzw. 5 Jungen). Am 60. Tag ist dieser Unterschied allerdings nicht mehr zu erkennen. Bei ungünstigen Umweltfaktoren könnte dieses rasche Wachstum im ersten Monat eine Rolle beim Überleben spielen.

Die Wurfgröße ist je nach Verbreitungsgebiet unterschiedlich: SMIRNOV (1959, in TROUT 1978) gibt Wurfgrößen von 1-2 in Leningrad, von 2-3 in Deutschland und 3-4 am Ussuri, Sibirien an. Der Unterschied könnte auf klimatischen Bedingungen beruhen.

Die Reihenfolge der Würfe hatte in dieser Untersuchung keinen Einfluß auf die Wurfgröße. Jedoch berichtet SLEPTSOV (1947, zit. in HARRIS 1979) von kleineren Würfen mit 3-5 Jungen bei erstgebärenden Weibchen und von größeren mit 5-8 bei älteren Weibchen. Es könnte sich um ein Phänomen handeln, das nur im Freiland auftritt.

Die Anzahl der Würfe, die ein Weibchen in seinem gesamten Leben hervorbringen kann, wurde bisher nur wenig erforscht. Der Maximalwert der vorliegenden Untersuchung betrug 6 Würfe in 209 Tagen (im Durchschnitt alle 35 Tage 1 Wurf). FRANK (1957) ermittelte 7 Würfe in 341 Tagen (im Durchschnitt alle 49 Tage 1 Wurf) als den höchsten Wert in seiner Zucht. Die durchschnittliche Anzahl von 2,4 Würfen im Leben bei den 12 Versuchsweibchen ist höher als im Freiland. SLEPTSOV (1947) fand durch Plazenta-Untersuchungen, daß 64 % der Weibchen aus dem Freiland ($n = 804$) nur einen Wurf produzierten, 33 % 2 Würfe, 2,8 % 3 Würfe und nur 0,2 % mehr als 3 Würfe hatten.

2.4.5 Lebensdauer und Mortalität

Die höchsten Werte für die Lebensdauer im Labor fand FRANK (1957) mit 3,5 Jahren und MOHR (1954, zit. in FRANK 1957) mit 4 Jahren. Im Freiland ist die Lebensdauer offenbar deutlich kürzer. Mit Fallenuntersuchungen fand HARRIS (1979) heraus, daß 30,6 % der Mäuse nur bis 6 Wochen und nur 2,3 % länger als 6 Monate lebten.

Über die geschlechtsspezifische Mortalität gibt es bisher keine Untersuchungen. Die im Labor bei 8 Versuchsweibchen gefundene Lebensdauer betrug 100 bis 379 Tage. Da die Versuchsmännchen alle außer einem noch bei Versuchsende lebten, kann ein Maximalalter nicht angegeben werden. Sie erreichten eine Lebensdauer von über 15 Monaten. Länger als zwei Jahre lebten 7 Weibchen und 5 Männchen aus der Zuchtgruppe.

Die hohe Mortalität der Versuchsweibchen kann mit der hohen energetischen Belastung

durch die Laktation und mit Komplikationen bei der Geburt erklärt werden. Die 8 Versuchswelbchen, die sich fortgepflanzt haben (durchschnittlich 3,6 Würfe), starben innerhalb von 9 Monaten. Eines dieser Welbchen starb beim Gebären, ein weiteres kurz danach. Bei der Zucht trat eine geringere Mortalität auf. Hier waren im selben Zeitraum mindestens 30 geschlechtsreife Welbchen vorhanden, wovon 4 starben, davon 2 unmittelbar vor dem Werfen.

3 ÖKOLOGIE

3.1 EINLEITUNG

Das Studium der Entwicklung von Populationen ist besonders wichtig, da es die quantitative Beschreibung vieler biologischer Prozesse ermöglicht (DELANY 1982). Die Veränderungen, die in zeitlicher Abfolge innerhalb einer Population auftreten, beeinflussen ihre Entwicklung (REISE 1972). Es handelt sich dabei im wesentlichen um Dichteschwankungen, individuelle Gewichtsänderungen sowie Abwandlungen der Geschlechterverteilung und Schwankungen in der Fortpflanzungstätigkeit.

Es gibt viele Aspekte in der Biologie der Zwergmaus *Micromys minutus*, die noch wenig erforscht sind. Die Populationsökologie ist davon besonders betroffen (HARRIS 1979). Kleinsäuger werden meistens mit der Fang-Wiederfang-Methode untersucht. Jedoch werden mit dieser Methode nicht alle Tiere erfaßt, und nicht alle Arten sind gleich fängig. *M. minutus* ist im Sommer aufgrund ihrer Nutzung hoher Bodenvegetation besonders schwer in Bodenfallen zu fangen (HARRIS 1979). Ebenso trägt ihr geringes Gewicht dazu bei, daß nicht jede Falle auslöst.

Ziel dieser Untersuchung ist es, in einem Freilandfeld Mäuse unter annähernd natürlichen Bedingungen zu halten, um Information über einige ökologische Aspekte wie Populationstruktur, Dichte, Nester, Natalität und Mortalität unter Verwendung von Lebendfallen zu erhalten. Verschiedene Fallentypen werden auf ihre Fängigkeit für Zwergmäuse getestet. Darüber hinaus wird die Raumnutzung mit Hilfe eines Vergleiches von Fallen in mehreren Ebenen sowie mit einer Spurenanalyse (Pulver-tracking) untersucht.

3.2 MATERIAL UND METHODEN

3.2.1 Versuchsfeld

Die Untersuchung wurde auf einer landwirtschaftlichen Nutzfläche der Bundesforschungsanstalt für Landwirtschaft (FAL) in Braunschweig-Völkenrode (10° 26' E, 52°18' N) durchgeführt.

Ein 22 m x 40 m großes Haferfeld wurde mit Maschendraht eingezäunt. Der Zaun war 50 cm hoch und wurde ca. 20 cm tief eingegraben. Der Maschendraht wurde mit Plastikfolie auf der Innenseite ausgekleidet, um das Erklettern durch die Mäuse zu verhindern. Außen hing die Folie 20 cm über, wodurch das Eindringen von Mäusen in das Feld verhindert werden sollte. Für die Fallenkontrolle wurden Wege angelegt. Das Feld bestand aus 10 Reihen von je 1,50 m Breite mit dazwischenliegenden Wegen von 0,5 m Breite und einem Querweg in der Mitte. Auf einem 1 m breiten Randstreifen wurde der Hafer gemäht. Durch farbige Schnüre wurde das Feld in 23 Quadrate von 1,5 m x 1,5 m unterteilt (Abb. 3-1).

Bei starkem Wind kam es zu Schäden am Zaun, die jeweils so schnell wie möglich repariert wurden. Trotz ständiger Kontrolle des Feldes und Reparatur des Zaunes gelang es einigen Zwergmäusen, durch Gänge von grabenden Arten wie Maulwurf *Talpa europaea* und Erdmaus *Microtus agrestis* auszubrechen. Teilweise kamen sie auf den gleichen Wegen wieder zurück.



Abb. 3-1. Versuchsfeld bei der Bundesforschungsanstalt für Landwirtschaft (FAL) in Braunschweig

3.2.2 Tiere

Im Juni 1994 wurden 10 adulte Männchen und 10 adulte Weibchen aus der eigenen Laborzucht (Abkömmlinge von Zuchten aus Hannover, Leipzig, Bayreuth, Düsseldorf und Basel) im Versuchsfeld ausgesetzt. Sie wogen zwischen 5,2 und 8,5 g und waren sexuell aktiv. Die Tiere wurden in einem Drahtkäfig in der Mitte des Versuchsfeldes ausgebracht.

3.2.3 Fallen

Drei verschiedene Lebendfallen wurden verwendet, von den Herstellern UGGLAN[®] (U), LONGWORTH[®] (L) und SHERMAN[®] (S). Zusätzlich wurden Flaschen (F) (Abb. 3-2) als Fallen eingesetzt. Als Köder diente eine Mischung aus Erdnußbutter und Getreide (Hafer, Haferflocken, Leinsamen und Weizen). Um den Tod gefangener Mäuse zu vermeiden, stand in jeder Falle Stroh als Deckungsmöglichkeit sowie Obst und/oder Gemüse (Salat, Äpfel, Karotten) als Wasserquelle zur Verfügung.

Da die Effizienz der verschiedenen Fallentypen beim Fang von Zwergmäusen unbekannt war, wurden alle Fallentypen getestet. In jeder Reihe wurden 5 Fallen in den Quadraten 1, 6, 11, 16 und 22 aufgestellt. In einer Reihe befand sich jeweils ein Fallentyp, so daß 20 Flaschen-, 10 Longworth-, 10 Ugglan- und 10 Sherman-Fallen zur Anwendung kamen. Je zur Hälfte wurden die Fallen auf den Boden gestellt bzw. an Stangen (40 - 80 cm Höhe) aufgehängt. Nach der dritten Fangwoche wurde an jedem Standort eine Falle des gleichen Typs zusätzlich aufgestellt, so daß insgesamt 100 Fallen im Einsatz waren. Nach der siebten Woche wurde (unter Berücksichtigung des Fangerfolges der verschiedenen Fallentypen) ausschließlich mit Flaschen und Ugglan-Fallen gefangen.



Flasche



Longworth



Uggan



Sherman

Abb. 3-2. Fallentypen.

3.2.4 Fallenkontrolle und Markierung

Die Fallen wurden abends aufgestellt und über 2 Tage und 3 Nächte jeweils morgens und abends kontrolliert. Bei sehr hohen Lufttemperaturen erfolgte eine zusätzliche Kontrolle in der Mittagszeit, um Verluste durch Überhitzung zu vermeiden.

In dem Zeitraum von Ende Juli bis Mitte Oktober 1994 wurde jede zweite Woche und im Dezember 1994 und im Februar 1995 je eine Woche gefangen (Tab. 3-1).

Tab. 3-1. Fangdaten. KW = Kalenderwoche

Fangwoche	Zeitraum	KW
1	24.-27.07.94	30
2	07.-10.08.94	32
3	21.-24.08.94	34
4	02.-05.09.94	35
5	12.-15.09.94	37
6	26.-29.09.94	39
7	11.-14.10.94	41
8	10.-13.12.94	50
9	23.-26.02.95	8

Die gefangenen Zwergmäuse wurden gewogen und ihr Geschlecht und reproduktiver Status bestimmt. Die Gewichte wurden mit einer elektronischen Waage mit einer Genauigkeit von 0,01 g bestimmt. Bei der Bestimmung der Geschlechter wurde der Anogenital-Abstand berücksichtigt (s. S. 5). Der reproduktive Status der Männchen wurde mit der scrotalen Position der Hoden festgestellt, und die Weibchen wurden auf Trächtigkeit oder Laktation kontrolliert.

Die Tiere wurden nach der Methode von HUGO (1990) mit einem 6-Punkt-Farbmuster subkutan an der Schwanzwurzel markiert. Mit einer Einwegspritze (Kanüle 0,45 x 1 mm) wurde wasserlösliche Acrylfarbe (PRIMAcril von Schmincke) ventral unter die Schwanzhaut injiziert. Durch die Kombination von Farben oder Markierungspunkten erhält man eine ausreichende Anzahl individueller Markierungsmöglichkeiten.

3.2.5 Klimaparameter

Die Werte für Temperatur, Luftfeuchtigkeit, Sonnenscheindauer, Wind und Regen wurden von der Meteorologischen Station des Deutschen Wetterdienstes der FAL übernommen.

3.2.6 Nesterkontrolle

Das Feld wurde regelmäßig nach Nestern abgesucht. Zu Beginn der Versuche erfolgte die Kontrolle täglich, später wöchentlich. Die Fundorte wurden kartiert. Bekannte Nester wurden gezielt aufgesucht und ihr Zustand registriert, woraus sich Hinweise auf eine Nutzung ergaben.

3.2.7 Pulvermarkierung

Die gefangenen Mäuse wurden in einer Plastiktüte mit fluoreszierendem Pulver (RADIANT®) eingepudert und dann wieder am Fangort freigelassen. Es wurden vier Farben benutzt (grün, gelb, pink und rot). Im Dunkeln konnten die Spuren mit Hilfe einer UV-Lampe gefunden und kartiert werden.

3.3 ERGEBNISSE

3.3.1 Fängigkeit

3.3.1.1 Fänge

In 9 Fangwochen mit insgesamt 3750 Falleneinheiten wurden 87 Zwergmäuse insgesamt 231mal gefangen. Davon waren 9 ausgesetzte Tiere, die anderen wurden im Versuchsfeld geboren. Einige wenige Individuen können auch zugewandert sein. Andere Arten, *Apodemus sylvaticus* und *Microtus agrestis*, wurden 121mal gefangen.

3.3.1.2 Fangeffizienz

Mit den Daten der ersten 7 Fangwochen wurde ein Vergleich der Fallentypen durchgeführt. Von den 4 eingesetzten Fallentypen hat sich die Ugglanfalle am effizientesten erwiesen. Die zweithöchste Fangeffizienz wiesen die Flaschen auf, gefolgt von den Longworth- und Sherman-Fallen (Tab. 3-2).

Tab. 3-2. Fangeffizienz der verschiedenen Fallentypen

Fallentyp	Falleneinheiten	Fänge	Fangerfolg
Ugglan	550	71	12,9 %
Flasche	1100	36	3,3 %
Longworth	550	15	2,7 %
Sherman	550	10	1,8 %

Mehrfachfänge traten bei Ugglanfallen 6mal (5 Doppelfänge, 1 Dreifachfang) und bei Flaschen 8mal (6 Doppelfänge, 1 Dreifachfang und 1 Vierfachfang) auf, wobei jeweils alle Geschlechterkombinationen ($\sigma^7 - \sigma^7$, $\sigma^7 - \sigma^7$ und $\sigma^7 - \sigma^7$) vorhanden waren.

3.3.1.3 Fallentod

In den Fallen starben insgesamt 7 Tiere, das entspricht 3 % des Gesamtanges (231 Fänge). Es handelte sich um 4 Männchen und 3 Weibchen. Diese Mäuse wurden in der ersten, fünften und neunten Woche in den 3 verschiedenen Fallentypen gefangen.

3.3.1.4 Wiederfänge

Die 87 Zwergmäuse gingen im Durchschnitt 2,7mal in die Falle. Die Fangfrequenz

variierte stark zwischen den Individuen: 43 % der Mäuse wurden einmal gefangen, 32 % zweimal und 25 % mehr als zweimal. Die höchste Wiederfangzahl betrug 11. Die Verteilung der Fangfrequenz ist in der Abb. 3-3 gezeigt.

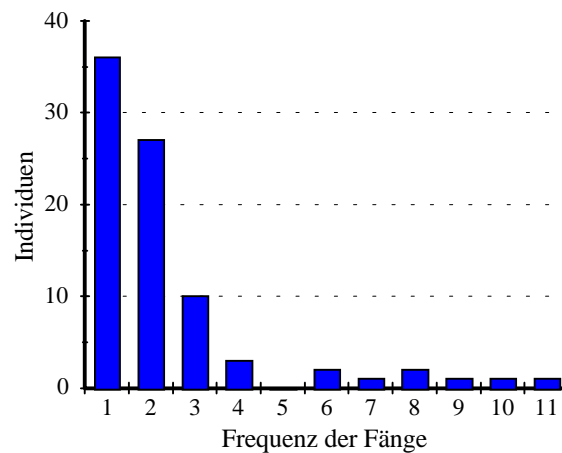


Abb. 3-3. Häufigkeit der Wiederfänge bei *M. minutus*

Die Männchen wurden 1 bis 7mal, im Durchschnitt 2,3mal, die Weibchen 1 bis 12mal, im Durchschnitt 3mal wiedergefangen. Die Weibchen konnten also mit einer Rate von 67,7 % deutlich häufiger als die Männchen mit 57,0 % wiedergefangen werden (Tab 3-3)

Tab. 3-3. Fängigkeitsraten auf dem Versuchsfeld

	♂	♀	gesamt
Fänge	107	124	231
Wiederfänge	61	83	144
Wiederfangrate	57,0 %	67,7 %	62,3 %

Zur Untersuchung der Fängigkeit der Labormäuse und der im Freiland geborenen Mäuse wurde die Fängigkeitsrate beider verglichen. Die Labormäuse zeigten eine höhere Fängigkeitsrate als die im Freiland geborenen Mäuse. Von den 20 ausgesetzten Mäusen wurden 11 nicht wiedergefangen, die restlichen Tieren wurden im Durchschnitt 6,3mal gefangen. Im Gegensatz hierzu gingen die im Freiland geborenen Mäuse 1,7mal in die Falle.

Um den Fangerfolg zu analysieren, wurde die MNA (minimum number alive) für jede Fangwoche ermittelt. Die MNA wurde aus der Summe der gefangenen und nicht

gefangenen, aber auf der Fläche vorhandenen Tiere errechnet. Die Zahl nicht gefangener, aber noch lebender Tiere wurde mit Hilfe der Fangergebnisse der nachfolgenden Wochen bestimmt. Die Differenz zwischen der MNA und der Zahl der gefangener Tiere betrug 3 bis 13 (Abb 3-4).

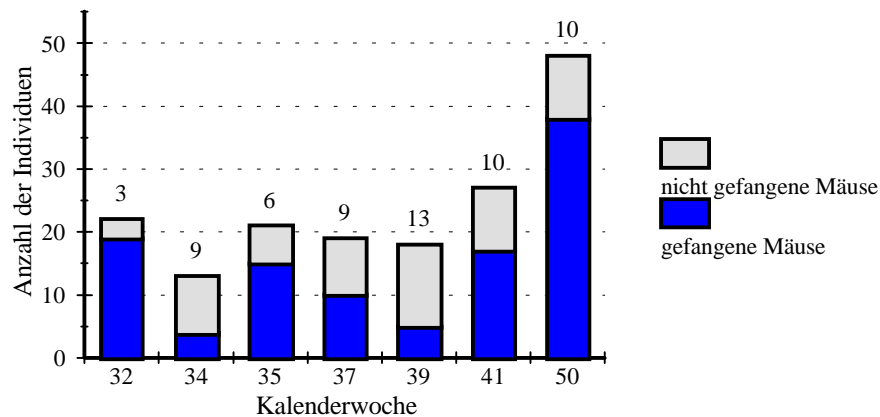


Abb. 3-4. Gefangene und nicht gefangene Mäuse auf dem Versuchsfeld

3.3.1.5 Nutzung des Bodens und hoher Bodenvegetation

Um festzustellen, ob die Mäuse sich auf dem Boden oder in hoher Bodenvegetation (höhere bzw. tiefere Ebene) aufhalten, wurde drei Wochen lang die Hälfte der Fallen an Stangen (40 - 80 cm Höhe) aufgehängt, und die andere Hälfte wurde wie üblich auf den Boden gestellt.

Insgesamt wurden 57 Zwergmäuse gefangen, davon 51% in den hochgehängten Fallen und 49 % in den Fallen am Boden. Zwischen Männchen und Weibchen konnte dabei kein deutlicher Unterschied festgestellt werden: Von den 35 Weibchen wurden 51 % auf dem Boden gefangen und 49 % über dem Boden, von der 22 Männchen wurden 45 % auf dem Boden gefangen und 56 % über dem Boden (Tab. 3-4).

Tab. 3-4. Fänge mit Fallen auf und über dem Boden, getrennt nach Männchen und Weibchen

WOCHE	Fänge auf dem Boden			Fänge über dem Boden		
	TOTAL	♂	♀	TOTAL	♂	♀
1	7	1	6	7	3	4
2	15	8	7	21	9	12
3	6	1	5	1		1
	E=28	E=10	E=18	E=29	E=12	E=17

3.3.1.6 Tag- und Nachtfänge

Von den 232 Fängen der gesamten 9 Wochen erfolgten 58 am Tag und 174 in der Nacht, bezogen auf Hellig- und Dunkelkeit. Unter Berücksichtigung der unterschiedlichen Tag- und Nachtkontrolle pro Woche (Tag 2, Nacht 3) ergab sich eine durchschnittliche Fangzahl von 2,9 Mäusen/Tag und 5,8 Mäuse/Nacht. Die täglichen und nächtlichen Fangzahlen jeder Woche wurden verglichen. Es fand sich kein signifikanter Unterschied (Mann-Whitney-Test, $P = 0,161$). Die Verteilung der Tag- und Nachtfänge variierte, es waren aber mit Ausnahme der dritten Woche überwiegend Nachtfänge (Abb. 3-5).

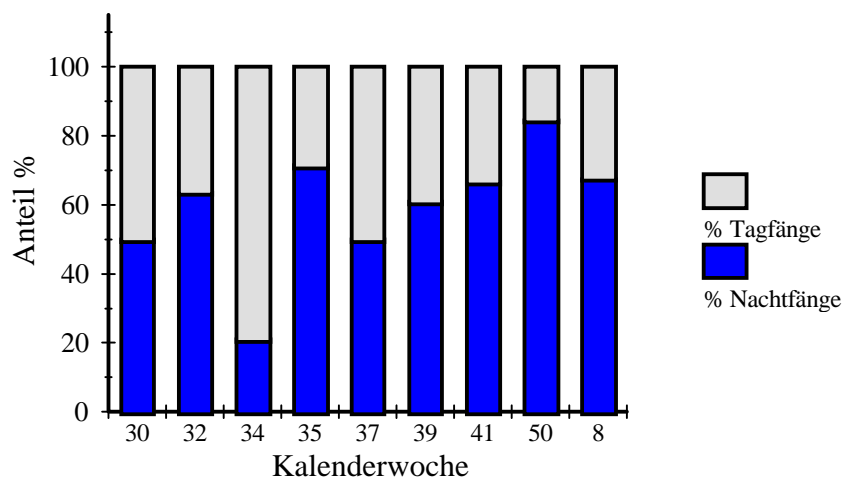


Abb. 3-5. Anteil der Tag und Nachtfänge von *M. minutus*

Um einen eventuellen Aktivitätsunterschied zwischen Männchen und Weibchen festzustellen, wurden die Tag- und Nachtfänge nach Geschlechtern aufgeschlüsselt (Tab. 3-5). Während des Tages betrug der Fanganteil für die Weibchen 66 %, in der Nacht 57 %.

Der Anteil der Männchen und Weibchen jeder Woche zeigte einen signifikanten Unterschied für den Tag ($P = 0,01$) und keinen für die Nacht ($P = 0,25$).

Tab. 3-5. Tag- und Nachtfänge nach Männchen und Weibchen getrennt

Woche	TAGFÄNGE					NACHTFÄNGE				
	♂	♀	% ♂	% ♀	Tiere /Tag	♂	♀	% ♂	% ♀	Tiere /Nacht
1	2	4	33	67	3,0	3	6	33	67	3,0
2	3	7	30	70	5,0	14	12	54	46	8,7
3	1	4	20	80	2,5	0	2	0	100	0,7
4	3	1	75	25	2,0	8	7	53	47	5,0
5	2	6	25	75	4,0	4	8	33	67	4,0
6	0	3	00	100	1,5	3	4	42	57	2,3
7	2	4	33	67	3,0	11	7	61	39	6,0
8	3	4	43	57	3,5	29	28	50	49	19,0
9	4	5	44	56	4,5	16	12	57	43	9,3
	20	38	34	66	$\bar{x} = 3,2$	88	86	51	49	$\bar{x} = 6,4$

3.3.1.7 Klimaeinfluß

Die Fangeffizienz wurde auf einen eventuellen Einfluß von Temperatur, Niederschlagsmenge, Luftfeuchtigkeit, Windgeschwindigkeit und Sonnenscheindauer untersucht. Die Überprüfung ergab keinen signifikanten Zusammenhang (Spearman Korrelation: Temperatur $P = 0,32$; Niederschlagsmenge $P = 0,50$; Luftfeuchtigkeit $0,23$; Windgeschwindigkeit $P = 0,35$; Sonnenscheindauer $P = 0,41$).

3.3.2 Populationsdynamik

3.3.2.1 Geschlechterverhältnis

Aus dem Fang von 46 Männchen und 41 Weibchen ergibt sich ein leicht zugunsten der Männchen verschobenes Geschlechterverhältnis von 1: 0,9. Dieser Unterschied ist nicht signifikant ($P = 0,668$). Das Geschlechterverhältnis der gefangenen Tiere änderte sich im Laufe der Zeit, in 4 Wochen fand sich ein Überschuß an Weibchen, in 3 Wochen ein ausgeglichenes Geschlechterverhältnis und in 2 Wochen ein Überschuß an Männchen (Abb. 3-6).

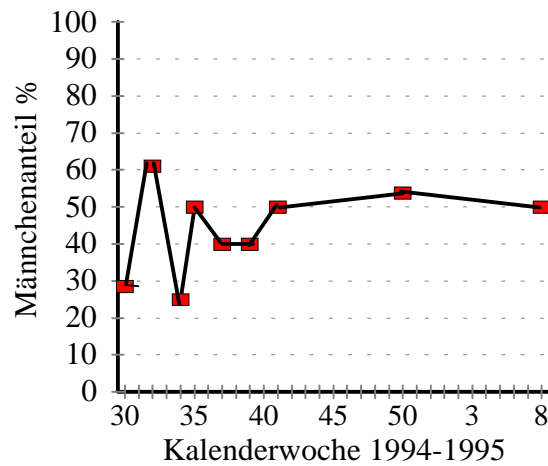


Abb. 3-6. Geschlechterverhältnis von *M. minutus* für jede Fangwoche

3.3.2.2 Populationsentwicklung

In der zweiten Fangwoche, im August 1994, 6 Wochen nach dem Aussetzen der Tiere, wurden die ersten 14 Jungtiere gefangen. Von der dritten Fangwoche im August bis zur siebten im Oktober wurden 32 weitere Juvenile gefangen. Im Februar 1995 (8. KW) wurde noch eine Maus aus der Gründergeneration gefangen (Abb. 3-7). Sie überlebte damit 6 Monate im Feld. Zum gleichen Zeitpunkt, am Ende des Versuchs im Februar 1995, wurden noch 32 neue Individuen, die im Versuchsfeld geboren waren, erfaßt.

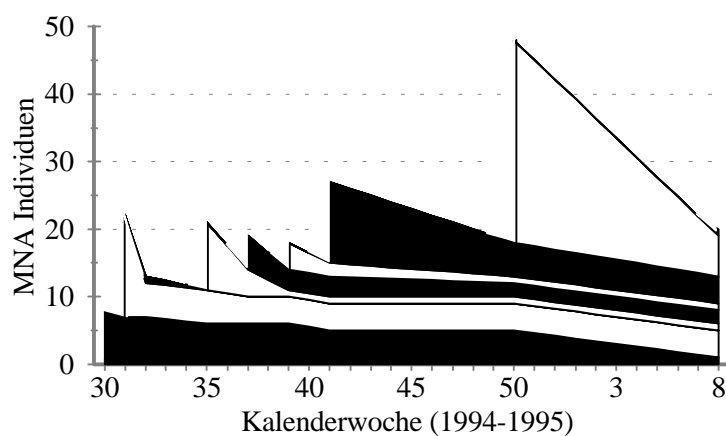


Abb. 3-7. Entwicklung der Fangkohorten von *M. minutus* über den Untersuchungszeitraum. MNA= minimum number alive

3.3.2.3 Gewichte und Gewichtsentwicklung

Die Verteilung der Tiere auf die Gewichtsklassen ändert sich im Laufe der Monate. Das leichteste gefangene Tier wog 2,9 g, das schwerste 11,6 g. Die Tiere wurden in 4 Gewichtsklassen für jeden Monat aufgeteilt, um die Altersentwicklung und die neuen Kohorten zu erkennen (Abb 3-8). Die Tiere der ersten Gewichtsklasse (von 2,5 - 5,0 g) wurden als Juvenile betrachtet, denn es fand sich unter diesen kein reproduktiv aktives. Die höheren Gewichtsklassen bestanden aus adulten Tieren.

Beim Aussetzen der Mäuse im Juni wogen sie 5,2 g bis 8,5 g. Im Juli wurden ausschließlich ausgesetzte Mäuse gefangen. Im August erschien eine neue Kohorte mit Juvenilen. Die Mehrzahl der Tiere (70 %) fällt in die Gewichtsklasse von 2,5 – 5,0 g. Im September und Oktober fand sich eine Zunahme schwererer Tiere; doch ist die erste Gewichtsklasse (2,5 – 5,0 g) mit 15 % bzw. 68 % noch am stärksten vertreten. Im Dezember ergibt sich ein neues Muster: Die zweite Gewichtsklasse (von 5,1 bis 7,5 g) stellt die überwiegende Zahl an gefangenen Individuen. Dieses Muster ist noch im Februar zu erkennen (Abb 3-8).

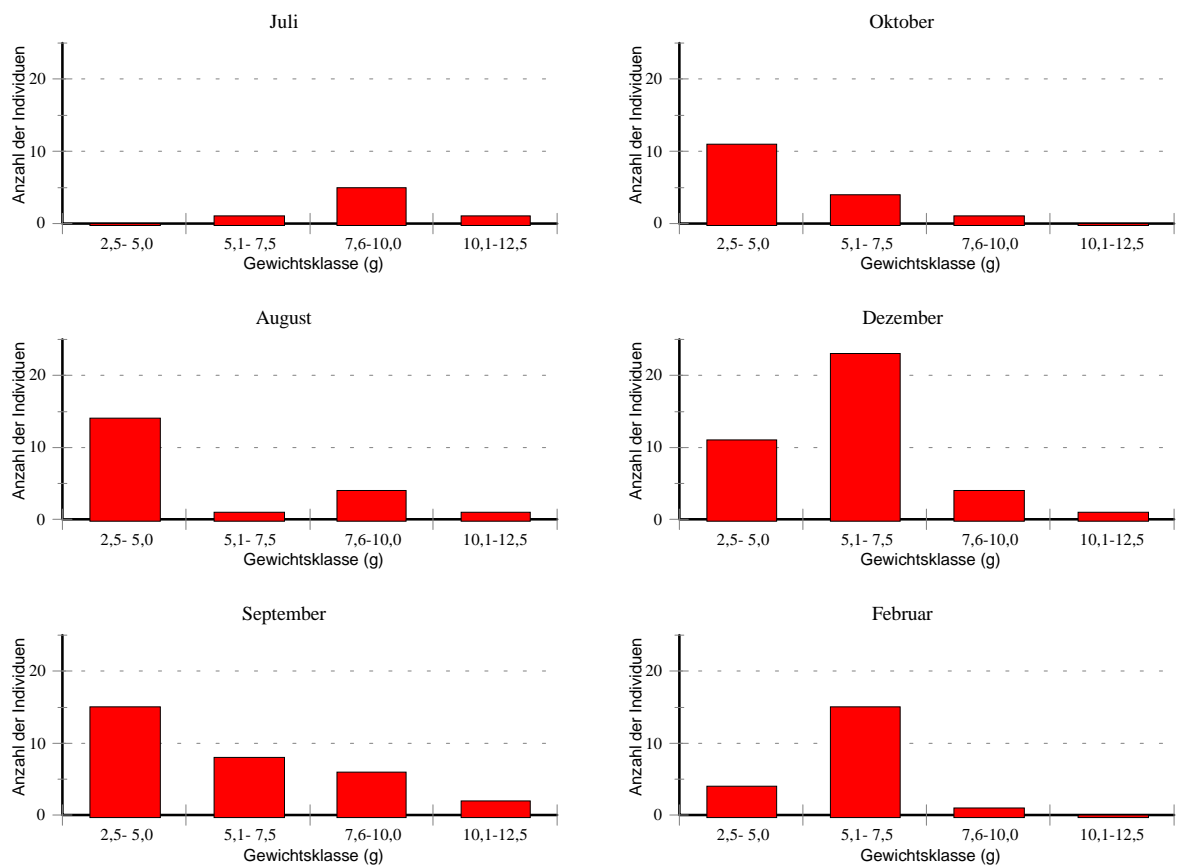


Abb. 3-8. Gewichtsentwicklung von *M. minutus* auf dem Versuchsfeld

3.3.2.4 Dichte

Die Anzahl der Individuen im Feld variierte zwischen 8 und 47, wobei das Maximum in der 50. Kalenderwoche erreicht wurde. Die Populationsdichte schwankte zwischen 45 und 432 Tiere/ha. Die MNA (minimum number alive) der Tiere variierte zwischen 91 und 534 Tiere/ha (Abb. 3-9).

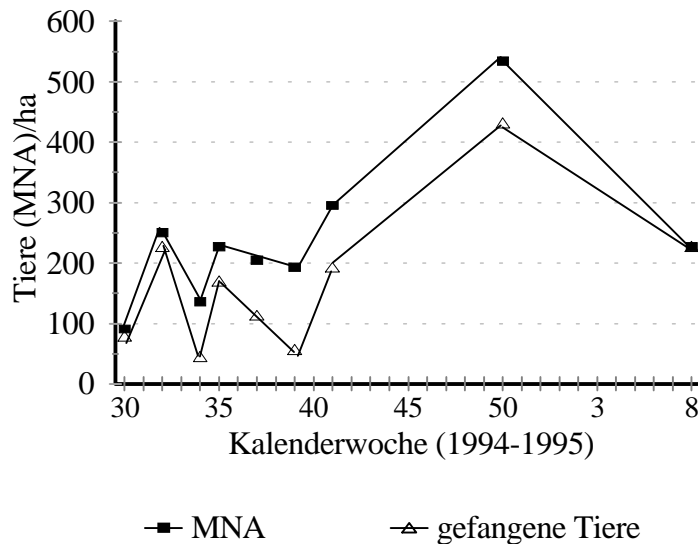


Abb. 3-9. Dichte und MNA von *M. minutus* auf dem Versuchsfeld

3.3.2.5 Nestbau und Nesterverteilung

Die ersten Nester ($n = 2$) wurden 20 Tage nach dem Aussetzen der Tiere gefunden. Sie wurden innerhalb einer Nacht gebaut. 7 Tage später waren 4 weitere dazugekommen. Die Anzahl der gefundenen Nester im Versuchsfeld stieg bis auf 21 an. Die Nestgröße schwankte von 5 - 10,5 cm Durchmesser, die Höhe über dem Boden von 17 - 40 cm. An einigen Stellen befanden sich unfertige Nester, die in der folgenden Betrachtung nicht berücksichtigt werden.

Ein fertiges Nest ist rund und sieht gepflegt aus und ist in der Regel geschlossen. Die Nester wurden jeweils etwa zwei Wochen lang benutzt. Danach sahen sie nicht mehr so kompakt aus und waren geöffnet. Noch später waren Reste von zerschlissenen Pflanzen zu erkennen. In der Regel entstand ein neues Nest nahe bei einem anderen, so daß die Verteilung der Nester in kleinen Gruppen erfolgte (Abb. 3-10). Die Nestdichte betrug bis zu 239 Nester/ha im August, danach fiel sie bis auf 114 Nester/ha (Tab. 3-6).

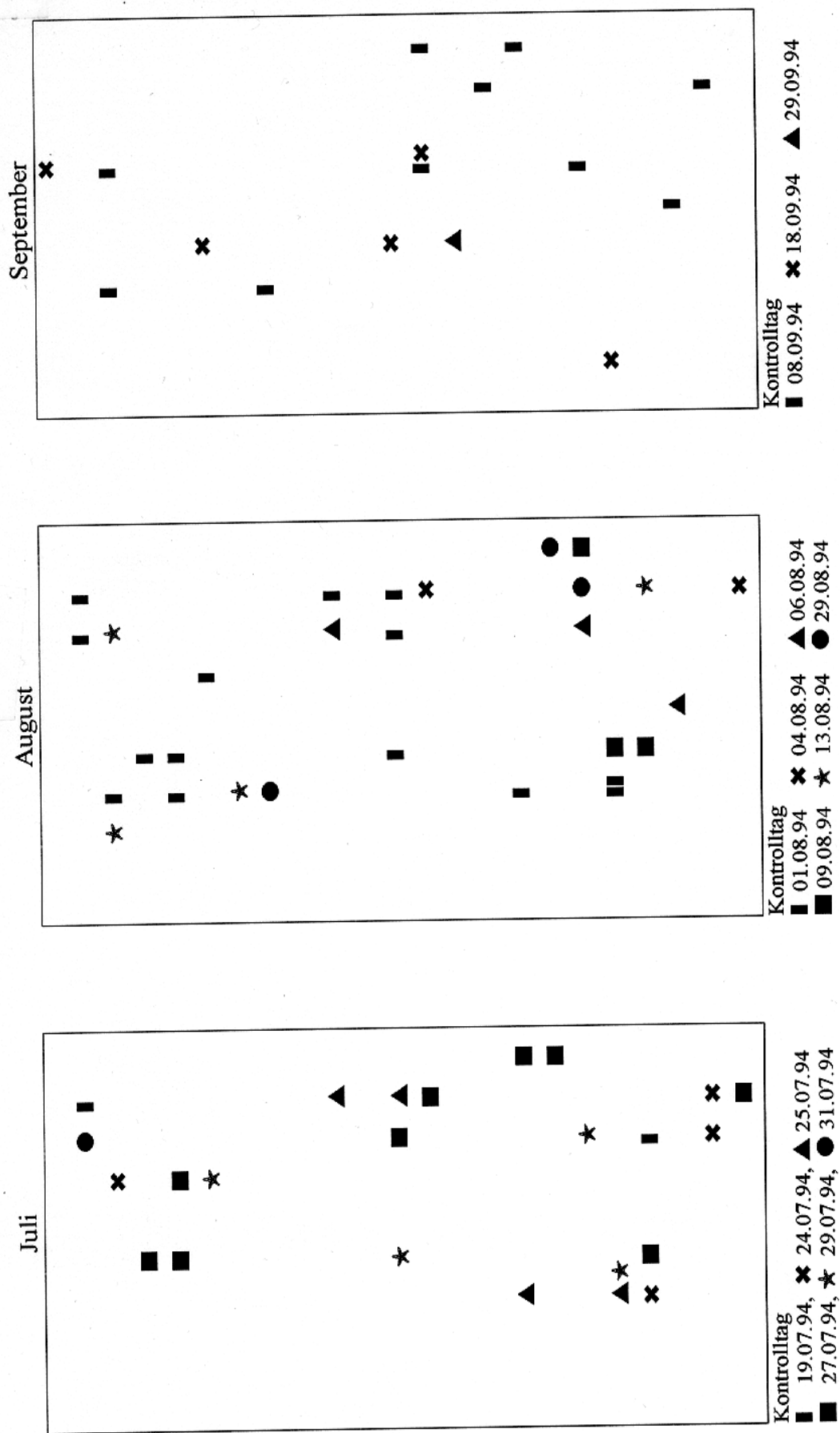


Abb. 3-10. Verteilung der Nester in Juli, August und September auf dem Versuchsfeld

Aus der Nestdichte wurde die theoretische Populationsdichte berechnet. Zur Berechnung wurde für ein Nest die durchschnittliche Wurfgröße und 2 erwachsene Tiere zugrunde gelegt (SOELLNER 1993). Die durchschnittliche Wurfgröße der vorliegenden Untersuchung betrug 3,4 Jungtiere (Kap. Lebensgeschichte). Die errechnete Populationsdichte schwankte demnach zwischen 11 und 113 Individuen, was hochgerechnet zwischen ca. 123 und 1289 Mäusen/ha entspricht (Tab. 3-6).

Tab. 3-6. Nestdichte und theoretische Populationsdichte (Kontrolle Tag 1: Aussetzung der Mäuse am 30. Juni 1994)

Kontrolltag	Nester	Mäuse	Nester/ha	Mäuse/ha
20.	2	11	23	123
25.	6	32	68	368
26.	7	38	80	430
28.	15	81	170	920
30.	18	97	205	1.105
32.	16	86	182	982
33.	14	76	159	859
36.	14	76	159	859
38.	20	108	227	1.227
41.	21	13	239	1.289
45.	15	81	170	920
51.	15	81	170	920
71.	13	70	148	798
81.	10	54	114	614
92.	10	54	114	614

3.3.2.6 Spuren

Zur Analyse der Spuren wurde insgesamt 26mal fluoreszierendes Pulver an 15 Individuen eingesetzt, deren Spuren verfolgt wurden. Ein Individuum (Weibchen 101) wurde 7mal eingepudert, die anderen ein- bis dreimal. Die Spuren konnten auf einer Länge von 4,5 bis 15 m gefunden werden, danach wurden sie zunehmend undeutlicher und schwieriger verfolgbar. Auf der analysierten Wegstrecke konnte nachgewiesen werden, daß die Mäuse den Hafer bis zum Halmende erkletterten. Außerdem wurde das Aufsuchen von Löchern festgestellt. Anhand eines Beispiels des Weibchens 101 wurden die Spuren der 7 verfolgten Wegstrecken zwischen Juli und September beschrieben (Abb. 3-11). Die analysierten Wegstrecken fanden sich in verschiedenen Bereichen des Versuchsfelds. Ein Wechsel des Nestes konnte nachgewiesen werden.

Während der Suche nach Spuren wurden einige Stellen außerhalb der Wegstrecken gefunden, die kleine Konzentrationen an fluoreszierendem Pulver verschiedener Farben (also von verschiedenen Mäusen) aufwiesen.

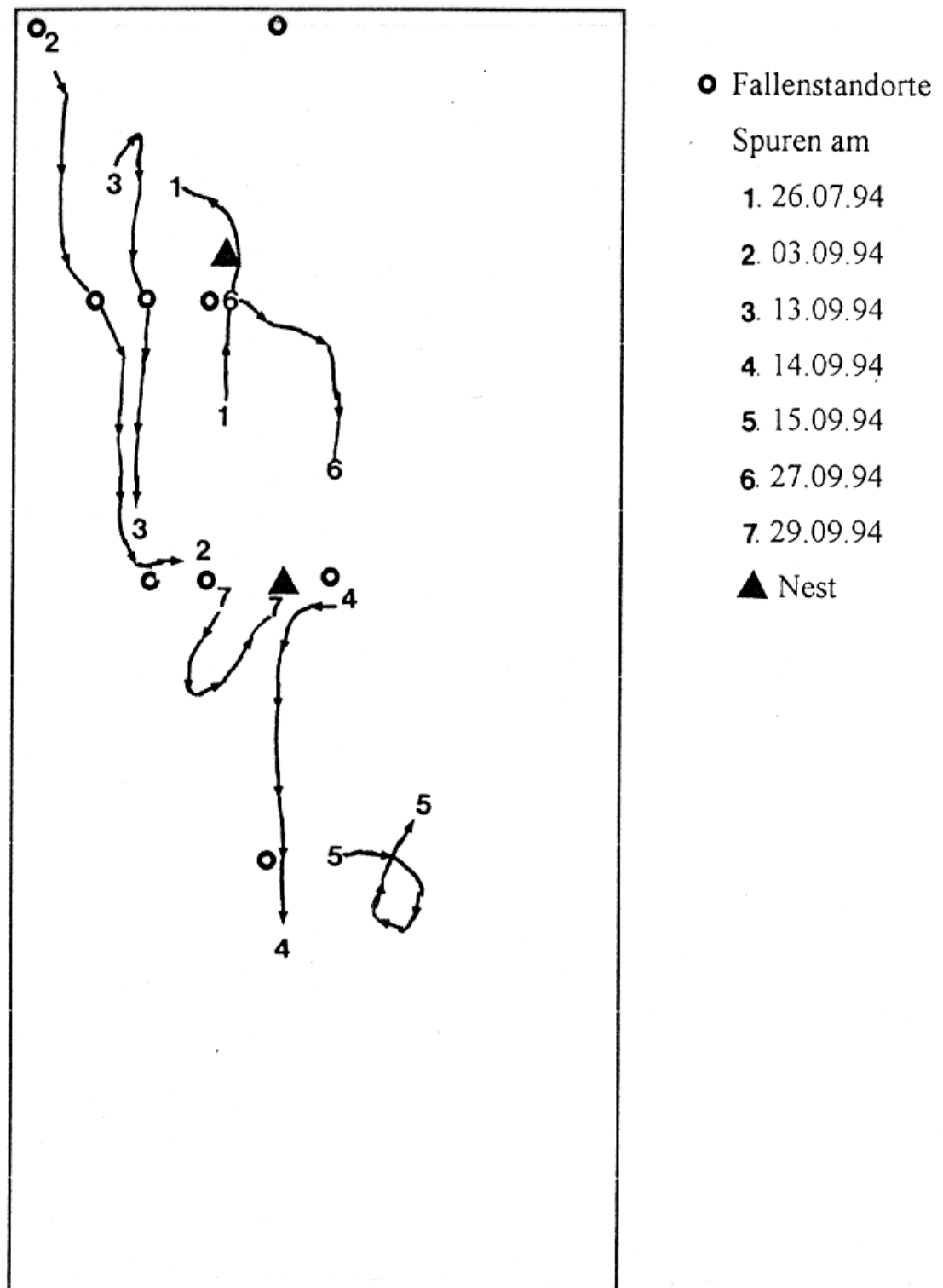


Abb. 3-11. Pulvertracking. Spuren eines Weibchen an 7 verschiedenen Tagen und Fallenstandorte an denen es gefangen wurde.

3.3.2.7 Lebensdauer

Die Lebensdauer wurde anhand der Aufenthaltsdauer bzw. Fängigkeit beschrieben. Die Tiere, die nicht wiedergefangen wurden, wurden als gestorben angesehen.

Die Überlebensraten wurden von allen Individuen unabhängig von ihrem Alter berechnet. Die Mäuse zeigten eine niedrige Überlebensrate, 60 % wurden nur in einer Fangwoche gefangen, nur 4,6 % überlebten 29 Wochen und 1,5 % überlebten 31 Wochen (Abb. 3-12).

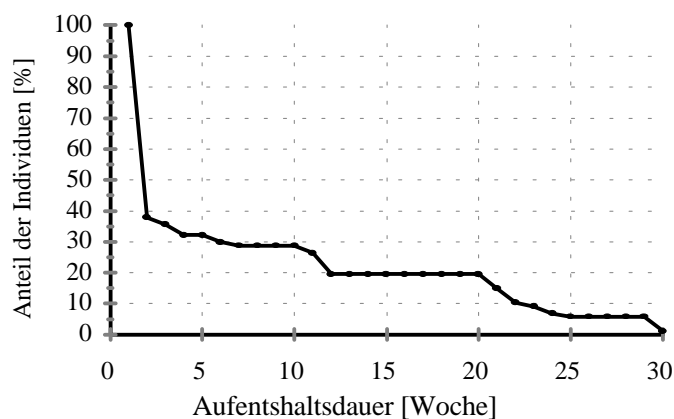


Abb. 3-12. Aufenthaltsdauer von *M. minutus* auf den Versuchsfeld

Der längste Zeitraum zwischen 2 Fängen betrug 8 Monate (Männchen 2), der kürzeste eine Woche (Mehrfachfänge in einer Fangwoche wurden nicht gezählt). Das Männchen 2 war beim Freisetzen schon ein adultes Tier (3 Monate alt) und hatte damit ein Lebensalter von 11 Monaten. Die Häufigkeit und die Wochen, in denen jedes Individuum gefangen wurde, zeigt die Tabelle im Anhang S. 103.

Um festzustellen, ob die Jahreszeit, in der die Mäuse geboren wurden, einen Einfluß auf die Überlebenschancen hat, wurden die Überlebensraten der verschiedenen Fangkohorten berechnet (Tab. 3-7). Eine Fangkohorte besteht aus allen neuen Individuen einer Fangwoche. Die Prozentzahl der noch am Versuchsende lebenden Individuen jeder Fangkohorte gibt einen Hinweis auf die Überlebenschance. Die Überlebensrate ist am höchsten bei der Fangkohorte vom September und am niedrigsten im August.

Tab. 3-7. Überlebensrate der Fangkohorten von *M. minutus* auf dem Versuchsfeld

Fangkohorte (KW)	Ausgangs- individuen	verbleibende Individuen	Überlebensrate [%]
Juli (30)	8	1	13
August (31, 32, 35)	25	5	19
September (37, 39)	9	3	67
Oktober (41)	12	4	33
Dezember (50)	30	6	20

3.4 DISKUSSION

3.4.1 Fängigkeit

3.4.1.1 Fallenvergleich

Die unterschiedliche Fängigkeit der Individuen und Arten ist die Hauptfehlerquelle bei Untersuchungen, die mit der Fang-Wiederfang-Methode durchgeführt worden sind. Das Aussehen der Falle, der Falleneingang und der Auslösemechanismus bestimmen die Auswahl der gefangenen Arten (HOFFMANN 1993).

Die Ugglan-Fallen erwiesen sich mit 12,9 % als die effizientesten. Ein Teil des hohen Fangerfolgs liegt am Mehrfachfang. Auch die Drahtgeflechtkonstruktion dieser Falle könnte einen positiven Einfluß auf den Fangerfolg haben, da die relativ helle Falle eher dem natürlichen dreidimensionalen Lebensraum über dem Boden entspricht als eine dunkle, geschlossene Konstruktion. Allerdings ist der Auslöser nicht geeignet für sehr leichte Tiere. Der Verschluß ist eine Wippe, die das Tier in einen Fangkorb befördert. Laborbeobachtungen zeigten, daß leichtere Tiere (unter 5 g) die Wippe nicht bewegen konnten, 2 leichtere Tiere gemeinsam allerdings schon. Die Mehrfachfänge leichter Tiere im Freiland könnten auf diese Weise geschehen sein. Die Befunde führen zu der Einschätzung, daß leichtere Tiere mit diesem Fallentyp nur unterrepräsentativ gefangen werden.

Die Flaschen lagen mit 3,3 % Fangerfolg an zweiter Stelle. Die Mehrfachfänge und die Helligkeit dieses Fallentyp könnten ebenfalls zum Erfolg beigetragen haben.

Die Longworth-Fallen und Sherman-Fallen erwiesen sich für den Fang von Zwergmäusen als nicht geeignet, wobei die schlechte Fängigkeit auf die weniger sensiblen Auslöser zurückzuführen ist. Für diese beiden Fallentypen hat HOFFMANN (1993) einen geringen Fangerfolg für Kleinsäuger unter 6 g Gewicht nachgewiesen. Der Tunneleffekt dieser Fallen könnte ein weiterer Faktor für die Vermeidung dieser Fallentypen sein.

3.4.1.2 Fallentod

Bei der vorliegenden Untersuchung wurden 7 Totfänge bei einem Gesamtfang von 231 registriert. Der Totfanganteil von knapp 3 % der Gesamtfanges ist geringer als der, der bei Untersuchungen mit anderen Muriden und Insektivoren gefunden wurde: HOFFMANN (1993) berichtet von 25,5 % (Gesamtfang 1.610 Tiere), Weile (1994) von 5,7 % Totfängen

(Gesamtfang 8691 Tiere). Die Ausstattung der Fallen mit Nistmaterial, Futter und frischem Gemüse erlauben offensichtlich den Tieren einen Aufenthalt in der Falle ohne erkennbaren Schaden.

Nach PERRIN (1975) könnte der Tod eines Tieres in den Lebendfallen durch eine Kombination von Feuchtigkeit und niedriger Temperatur sowie durch Überhitzung bei direkter Sonneneinstrahlung verursacht werden. Da Totfänge der vorliegenden Untersuchung an besonders kalten bzw. heißen Tagen registriert wurden, scheint die Temperatur als beeinflussender Faktor in Frage zu kommen.

3.4.1.3 Wiederfangrate

M. minutus zeigte eine niedrige Wiederfangrate, wobei 87 % der Mäuse nur ein- oder zweimal gefangen wurden. Die Attraktivität des Köders spielt für die Fängigkeit generell eine wichtige Rolle, sie ist auf dem Haferfeld mit großem Futterangebot jedoch gering. Vermutlich gehen die Mäuse dennoch aufgrund ihres Explorationverhaltens in die Falle. HARRIS (1979) berichtet von der Schwierigkeit, Zwergmäuse im Sommer zu fangen und begründet dies damit, daß ein großer Anteil der Mäuse im Sommer und Frühjahr klettert und sie daher nicht von Fallen auf dem Boden erfaßt werden. Im Herbst und Winter konnte er die Zwergmäuse eher fangen.

Die Weibchen haben eine höhere Fängigkeitsrate (67,7 %) als Männchen (57 %). Untersuchungen über die Fängigkeitsraten getrennt nach Geschlechtern sind selten und für *M. minutus* nicht vorhanden. Andere Autoren (BURT 1940, HAITLINGER 1962, PELIKÁN 1964, PELIKÁN 1966, PELIKÁN 1970 und SCHMIDT 1975) berichten über eine höhere Beweglichkeit bzw. Fängigkeit der Männchen von *Apodemus favicollis*, *Apodemus sylvaticus* und *Apodemus agrarius*.

Bemerkenswert ist der Unterschied der Fängigkeit zwischen den ausgesetzten *M. minutus* aus dem Labor und den wildgeborenen. Die ersteren kamen deutlich häufiger in die Falle ($\bar{x} = 6,3$) als die letzteren ($\bar{x} = 1,7$). Die höhere Fängigkeit der Labormäuse kann auf die Gewöhnung an die Fallen zurückzuführen sein. Während der vorangegangenen Laboruntersuchungen wurden ein- bis viermal monatlich Fallen in die Käfige gestellt, um die Mäuse einfacher zu fangen und um Routinearbeiten zu verrichten.

Untersuchungen über Populationsdynamik von verschiedenen Kleinsäugern

(HEYDENREICH 1990, SOHLER 1994, und KOSEL pers. Mitt. 1997) zeigen ebenfalls eine sehr niedrige Wiederfangrate für *M. minutus*. Kosel fing 23 Individuen und konnte nur 2 davon wiederfangen. Die geringere Fängigkeit von *M. minutus* erschwert die Aufnahme der Daten für ökologische Studien und könnte einige Parameter unterschätzen. Die Dichte ist zum Beispiel deutlich höher, wenn die Tiere, die nicht gefangen wurden, aber vorhanden waren, berücksichtigt werden.

3.4.2 Populationsdynamik

3.4.2.1 Geschlechterverhältnis

Das hier gefundene Geschlechterverhältnis ist leicht zugunsten der Männchen verschoben (52,8 %), der Unterschied ist aber nicht signifikant. Die leichte Abweichung vom erwarteten sekundären Geschlechterverhältnis von 1:1 kann von mehreren Faktoren abhängen. Mögliche Ursachen sind: ein verschobenes primäres Geschlechterverhältnis (mehr Männchen als Weibchen werden geboren); unterschiedliche Lebensdauer (die Männchen könnten älter als die Weibchen werden, somit gäbe es mehr Männchen in der Population). Die Abweichung kann aber auch nur vorgetäuscht sein und auf der unterschiedlichen Fängigkeit von Männchen und Weibchen beruhen.

Die Ergebnisse des primären Geschlechterverhältnisses der vorliegenden Untersuchung mit 62,2 % Männchen (Kap. Lebensgeschichte) deuten darauf hin, daß dem sekundären Geschlechterverhältnis im Freiland ein verschobenes primäres Geschlechterverhältnis zugrunde liegen könnte. Zur Klärung wären umfangreiche Untersuchungen über geschlechtsspezifische Mortalität erforderlich. Untersuchungen über nach Geschlechtern getrennter Lebensdauer liegen nicht vor, so daß kein Vergleich möglich ist. Die Fängigkeit spielt keine Rolle bei der Abweichung des Geschlechterverhältnisses, denn die Weibchen hatten in der vorliegenden Untersuchung eine höhere Wiederfangrate.

Das Geschlechterverhältnis der juvenilen und adulten Tiere (sekundäres Geschlechterverhältnis) im Freiland wird von mehreren Autoren unterschiedlich angegeben. BÖHME (1969), ROWE (1958), SOUTHWICK (1956) und KUBIK (1952) berichten von einem Überschuß an Männchen (Tab. 3-8). Demgegenüber geben BREE & MAASSEN (1962) einen Überschuß an Weibchen an. Nach den Literaturangaben läßt sich kein allgemeines Geschlechterverhältnis ableiten.

Tab. 3-8 Geschlechterverhältnis von *M. minutus* nach Angabe verschiedener Autoren in Freilanduntersuchungen. * signifikant, n.s. nicht signifikant

AUTOR	n	% ♂	P
Southwick 1956	182	56,0	n. s.
Rowe 1958	137	59,9	*
dieser Untersuchung	87	52,8	n. s.
Rowe & Taylor 1964		52,0	
Kubik 1952	307	56,4	*
Bree & Maassen 1962	153	48,4	n. s.
Böhme 1969	184	49,0	n. s.
Koskela & Viro 1976	228	46,1	n. s.

Möglicherweise kann das Geschlechterverhältnis im Laufe des Jahres variieren. TROUT (1979) fand im Herbst ein fast ausgewogenes Geschlechterverhältnis, während es im Winter einen Überschuß an Männchen gab.

Ein Männchenüberschuß ist bei der Gelbhalsmaus *Apodemus favicollis* (PELIKÁN 1966 SCHMIDT 1975), der Waldmaus *Apodemus sylvaticus* (PELIKÁN 1970) und der Zwergwaldmaus *Apodemus microps* (HAITLINGER 1962) nachgewiesen. Die Autoren erklären das Ergebnis mit der höheren Beweglichkeit bzw. Fängigkeit der Männchen. Diese Ergebnisse könnten vorgetäuscht sein, denn ein Vergleich der Fängigkeitsrate der Männchen und Weibchen ist notwendig.

3.4.2.2 Dichte

Die Dichte der Tiere dieser Untersuchung ist mit 91 bis 534 Tier/ha relativ hoch. Nur wenige Untersuchungen von *M. minutus* verfügen über genug Daten, um eine realistische Schätzung der Population geben zu können (TROUT 1978). Einige Untersuchungen über Kleinsäugerpopulationen basieren auf so geringen Fängen von *M. minutus*, daß keine Aussagen über die Ökologie möglich sind (HEYDENREICH 1990, SOHLER 1994, WEILE 1994, KOSEL pers. Mitt.). WEILE (1994) fing zum Beispiel *M. minutus* bei einer Fangzahl von 3045 nur einmal.

TROUT (1976) untersuchte auf 3 verschiedenen Graslandflächen in Südengland die Population von *M. minutus* und schätzte die Dichte auf 17 bis 233 Tiere/ha. Die Schätzung der Populationsdichte nach SOELLNER (1993) anhand der Nester (für jedes Nest wird die durchschnittliche Wurfgröße plus zwei Erwachsene berechnet) pro Fangwoche ergibt Zahlen zwischen ca. 123 und 1289 Tiere/ha (Tab. 3-6). Die Schätzung nach dieser Methode kann viel zu hoch ausfallen. Daß ein Nest nur für einen einzigen Wurf gebraucht

wird, ist auch im Labor beobachtet worden, aber ob die Weibchen nur ein einziges Nest bauen, scheint unwahrscheinlich zu sein. Nach den Laborbeobachtungen hatten die Weibchen häufig 2 Nester bzw. Rastplätze. Bei einer Nestkontrolle im Versuchsfeld waren 6 von 7 Nestern leer. Die Entwicklung der Verteilung der Nester im Freiland zeigt, daß sehr häufig Nester an Stellen entstehen, wo andere schon vorhanden sind. HARRIS (1979) beobachtete diese Gruppierung der Nester („nest clumping“) ebenfalls und vermutet, daß jede Gruppe die Arbeit von einem einzigen Weibchen ist. Nach seinen Beschreibungen fertigen die Weibchen mehrere Nester an und entscheiden sich dann für eines. Ein anderer Faktor, der Ungenauigkeiten in diese Schätzung bringt, ist die schwierige Unterscheidung zwischen Schlafnestern und Brutnestern. Die Größe allein ist hierbei nicht ausschlaggebend. Im Versuchsfeld wurden auch relativ kleine Nester mit Jungen gefunden. Die Größe der Nester könnte von anderen Faktoren wie der Temperatur abhängig sein. KOLLER (zit. in EIBL-EIBESFELDT 1958) stellte eine Abhängigkeit des Nestgewichts von der Temperatur bei *Mus musculus* fest. Bei +10 bis -5 °C bauten die Mäuse durchschnittlich 14 bis 15 g schwere Nester, bei 30 °C bauten sie kein Nest mehr. Ein anderer Faktor, der die Dichteschätzung verfälschen könnte, ist das mögliche Bauen der Nester durch Männchen. Es wurde angenommen, daß nur die Weibchen Nester bauen (HARRIS 1979). Nach den Laborbeobachtungen scheint dies fast immer der Fall zu sein, allerdings wurde ein Männchen auch beim Bau eines Nestes innerhalb von einer Nacht beobachtet. Dieses Männchen war in Einzelhaltung. Möglicherweise bauen die Männchen nur in Einzelhaltung, und wenn sie mit Weibchen zusammen gehalten werden, sind die Weibchen dominant und könnten den Nestbau verhindern. Im Freiland wurden die Spuren eines Männchens verfolgt, die zu einem offenen, alten Nest führten. Es ist nicht klar, ob die Reste von einem Brutnest stammten oder ob das Männchen es gebaut hatte. Obwohl es ein sehr seltenes Phänomen zu sein scheint, ist es nicht auszuschließen, daß die Männchen auch im Freiland Nester bauen. PIECHOCKI (1952) unterteilt die Nester eines abgeernteten Haferfeldes in 2 Typen: Wochenstubennester und leichtere Formen. Die ersteren ordnet er den Weibchen zu, während die letzteren von Männchen und noch nicht geschlechtsreifen Jungtieren stammen würden.

3.4.2.3 Populationsdynamik und Lebensdauer

Nach dem Aussetzen der Mäuse im Versuchsfeld wurden in jeder Fangwoche neue Individuen erfaßt, was auf ein kontinuierliches Wachstum der Population hinweist (Abb. 3-7). Die höchste Zahl neuer Individuen wurde am Ende des Jahres registriert. Ein möglicher Grund dafür ist die Erhöhung der Anzahl der reproduktiven Weibchen. Am Anfang des Versuchs reproduzierten sich ausschließlich die ausgesetzten Weibchen, danach kamen die wildgeborenen Weibchen dazu. Ein weiterer Grund für die höchste Zahl neuer Individuen im Dezember könnte die höhere Fängigkeit der Tiere in diesem Monat sein, die auf das geringere natürliche Nahrungsangebot und die damit höhere Aktivität des Köders zurückgeführt werden kann.

TROUT (1978) charakterisiert die Populationen von *M. minutus* als hoch reproduktiv, mit großen Schwankungen und mit geringer Lebenserwartung. Der Autor untersuchte mit der Fang-Wiederfang-Methode 3 Populationen mit insgesamt 454 Individuen und stellte für 30,6 % der Tiere eine Lebensdauer (ab dem ersten Fang) von 6 Wochen und die längste Lebensdauer von 30 Wochen nur für 0,7 % der Tiere fest. SLEPTSOV (1947) schätzt die Lebensdauer der Weibchen im Freiland auf 2 bis 3 Monate, für die Männchen weniger. Er geht davon aus, daß das Gewicht der Zwergmäuse lebenslang zunimmt, und daß die Männchen weniger als ein nicht trächtiges Weibchen wiegen.

Die maximale Lebensdauer von *M. minutus* im Freiland wurde von KUBIK (1952) auf 16 bis 18 Monate kalkuliert. SLEPTSOV (1947) gibt 6 Monate, MOHR (1954) 2 Jahre an. TROUT (1978) sieht die Predation und ungünstige Wetterbedingungen als die bedeutsamsten Faktoren der Mortalität an.

Die Lebensdauerraten, die mit der Fang-Wiederfang-Methode berechnet sind, sollten mit Vorsicht betrachtet werden, denn die Fängigkeit der Mäuse ist im Sommer gering. Wenn die Tiere nicht gefangen werden, bedeutet das nicht unbedingt, daß sie gestorben sind.

4 AKTIONSRÄUME UND LAUFSTRECKEN

4.1 EINLEITUNG

Die Größe des Aktionsraumes eines Tieres, seine Form und sein Nutzungsmuster spielen für ethologische und ökologische Untersuchungen eine entscheidende Rolle. Diese Parameter geben Aufschluß über wichtige Aspekte wie Habitatselektion, räumliche Verteilung der Individuen, soziale Organisation und Dispersion.

Der Aktionsraum kann durch mehrere Methoden bestimmt werden. Die gebräuchlichsten sind visuelle Beobachtungen, die Fang-Wiederfang-Methode, die Benutzung fluoreszierender Pulver, Köder Markers und Radiotelemetrie (HARRIS ET. AL. 1990). Radiotelemetrie ist eine für Kleinsäuger sehr geeignete Methode, vor allem wenn die Tiere nicht sehr fängig sind wie z. B. die Zwergmaus. Sie ist genauer als die Fang-Wiederfang-Methode, weil die Tiere nicht in ihrer Bewegung eingeschränkt sind wie bei Fallenfängen. Zudem wird eine größere Anzahl von Ortungen der Tiere erreicht. Die Radiotelemetrie ermöglicht es, die räumliche und zeitliche Verteilung mehrerer Individuen gleichzeitig zu erfassen und ihre Interaktionen kontinuierlich zu bestimmen, so daß man zu Aussagen über das Verhalten in unterschiedlichen Bereichen des Aktionsraumes, über Sozialleben sowie den Aktivitätsrhythmus gelangen kann.

Das Sozialleben von *M. minutus* wurde bereits unter Laborbedingungen untersucht. SOELLNER (1993) berichtet von Dominanzhierarchien sowohl innerhalb der Gruppe der Männchen als auch der Weibchen, wobei die ranghöchste Position immer von einem Weibchen eingenommen wurde. Der Autor stellt eine Hypothese zum Sozialleben der Zwergmäuse im Freiland auf: „Weibchen grenzen Reproduktionsareale ab, in denen sie ihre Jungen aufziehen. In diesen werden sie von Männchen aufgesucht. Die Männchen ihrerseits neigen zu einer Form von Territorialität, wobei sie ihre Territorien um Wohngebiete von Weibchen herum anlegen und verteidigen“.

Es ist nur bedingt möglich, das Sozialverhalten unter Laborbedingungen auf das Freiland zu übertragen, denn es herrschen ganz andere Umwelt- und Sozialbedingungen. Die Frage, ob die Männchen und/oder die Weibchen ein Territorium unter Freilandbedingungen tatsächlich monopolisieren, ist noch offen.

Der Aktivitätsrhythmus der Zwergmäuse unter Laborbedingungen wurde anhand von

Laufrädern (KOSEL 1995), Schwingkäfigen (GELMROTH 1969) und mit Hilfe von Zeitintervall-Photographie (CROSS 1970) untersucht. Die Autoren berichten von überwiegender Nachtaktivität. Die Aktivitätsrhythmik wird von vielen abiotischen Faktoren wie Hell-Dunkel-Wechsel beeinflusst, aber auch von biotischen Faktoren wie Prädatoren, Beutetieren und Rangordnung. Von daher ist es wünschenswert, den Aktivitätsrhythmus der Zwergmäuse im natürlichen Lebensraum zu untersuchen. Die Radiotelemetrie ermöglicht die Analyse der zurückgelegten Entfernungen im Zeitintervall als direktes Maß für die lokomotorische Aktivität.

In dieser Arbeit wurde die räumliche Organisation und die Aktivität der Tiere im Freiland mit Hilfe der Radiotelemetrie untersucht. Es wurden die Aktionsräume bestimmt und Rückschlüsse auf die soziale Organisation gezogen. Das Aktivitätsmuster im Freiland wurde festgestellt und mit Laboruntersuchungen verglichen.

4.2 MATERIAL & METHODE

4.2.1 Tiere

Für diese Untersuchung standen 23 adulte Tiere mit einem Gewicht zwischen 7 g und 11,5 g zur Verfügung. Sie waren von verschiedener Herkunft: 16 Mäuse stammten von Laborzuchten aus Hannover, Leipzig, Düsseldorf und Basel (L); zwei waren wilde Tiere aus Freilandfängen (F); fünf Mäuse wurden im Vorjahr im Versuchsfeld geboren, am Ende des Winters gefangen und von Februar bis Juni im Labor gehalten (F/L). Das Geschlecht, das Gewicht und die Herkunft jeder Maus ist in Tab. 4-1 aufgeführt.

Tab. 4-1 Geschlecht, Gewicht und Herkunft der telemetrisch erfaßten Zwergmäuse *M. minutus*, W = Weibchen; M = Männchen; F = Freilandzucht, L = Laborzucht, F/L = geboren im Freiland und 5 Monate im Labor gehalten

Tier	Gewicht	Herkunft	Tier	Gewicht	Herkunft
W1	10,0	F/L	M1	11,2	F/L
W2	11,5	F/L	M2	9,5	F/L
W3	11,8	L	M3	7,0	F/L
W4	8,8	L	M4	9,0	L
W5	14,9	L	M5	8,8	L
W6	9,0	L	M6	11,8	L
W7	9,2	L	M7	7,8	L
W8	10,8	L	M8	7,6	L
W9	9,5	L	M9	7,5	L
W10	9,1	L	M10	7,7	L
W11	10,0	F	M11	7,2	F
W12	8,3	L			

4.2.2 Versuchsfeld

(S. Kap. Ökologie, Abb. 3-1).

4.2.3 Untersuchungsverlauf

Von Juni bis Oktober 1995 wurden insgesamt 23 Zwergmäuse (11 Männchen und 12 Weibchen) mit Sendern versehen und in der Mitte des Versuchsfeldes freigelassen. In drei Durchgängen von 9 (T1), 11 (T2) und 24 (T3) Tagen wurden die Tiere telemetrisch geortet. Die Untersuchungsintensität (Stunden/Tag) der einzelnen Durchgänge war unterschiedlich und richtete sich nach der Zahl der zur Verfügung stehenden Hilfskräfte. In den ersten beiden Durchgängen wurde im Wechsel 8 Stunden telemetriert und 8 Stunden

pausiert, beim dritten Durchgang wurde 24 Stunden telemetriert. Die Ortungen für jedes Tier erfolgten stündlich.

Die Anzahl der Versuchstiere in den einzelnen Durchgängen war unterschiedlich und änderte sich auch während der Untersuchung: Einige Tiere starben, andere mußten infolge von Problemen mit Halsband, Antenne oder Sender herausgenommen werden, oder es fielen Sender aus. In diesen Fällen dienten Ugglan- und Flaschenfallen, die sich aus den Untersuchungen des Vorjahres als geeignet herausgestellt hatten, zur Kontrolle der besenderten Tiere. Als Ersatz für die Ausfälle wurden in der Regel neue Tiere ausgesetzt. Die jeweilige Anzahl der Tiere während der Durchgänge zeigt Tab. 4-2.

Tab. 4-2. Daten der 3 radiotelemetrischen Durchgänge

PERIODE	ZEITRAUM	ANZAHL DER MÄUSE
T1	27.06 - 05.07.95	5
T2	11.08 - 28.08.95	8
T3	14.09 – 06.10.95	10

4.2.4 Radiotelemetrie

Für die radiotelemetrischen Untersuchungen stand folgendes Material zur Verfügung:

Sender: Biotrack Modell TW4; Gewicht 0,9 - 1,4 g; Peitschenantenne 5 - 10 cm lang; Reichweite auf einer freien Fläche bis 80 m, bei hoher Vegetation 50 m; Befestigung mit Halsbändern aus Kabelbindern; Frequenz um 150 MHz; Lebensdauer 14 - 21 Tage. Acht Sender wurden mit neuen Batterien und selbstgefertigten Antennen aus Gitarrendraht bestückt.

Empfänger: Tragbarer, umgebauter FT-290 R; Marke Yaesu, Firma Wagener, auf die aktiven Frequenzbereiche 148 - 152 MHz umgerüstet.

Antenne: 4-Element-YAGI-Antenne (Abb. 4-1), Loop-Antenne, sowie Stabantenne an 5 m langem Bambusstock.

Peilungen: Maximumpeilungen mit der YAGI-Antenne und „Homing in“-Peilungen, mit einer Genauigkeit von 1,5 m.

Das „Homing in“, bei dem die Signalstärke in Abhängigkeit von der Entfernung zum Sender gewertet wird, wurde mit einer Loop-Antenne durchgeführt. Diese Antenne ermöglichte ein Auffinden der Sender mit einer Genauigkeit von 1,5 m von den Wegen aus. Bei niedriger Vegetationshöhe war eine Homing-in-Peilung mit der YAGI-Antenne

erfolgreich.

Um zurückgelegte Entfernungen abzuschätzen, wurde die Mitte des jeweiligen Feldquadrats (1,5 m x 1,5 m) als Standort des Tieres angenommen. Von dort wurde eine Linie zum nächsten Ortungspunkt gezeichnet und die entsprechende Entfernung gemessen. Die Tagesmuster der Laufstrecken und der Einfluß von klimatischen Faktoren wurden ebenfalls erfaßt.

4.2.5 Bestimmung des Aktionsraumes

Für die Ermittlung des Aktionsraumes wurde das Programm RANGES V[®] (KENWARD & HODDER 1987) nach der Konvex- und Konkav-Polygon-Methode verwendet. Die Konvex-Polygon-Methode verbindet die äußeren Punkte mit einem Winkel von mehr als 180° und enthält 100 % der Punkte bzw. Ortungen. Diese Methode wurde jedoch mit Vernachlässigung von 5 % der äußersten Punkte angewandt, um einen repräsentativen Aktionsraum zu bestimmen. Um den am häufigsten genutzten Bereich des Aktionsraumes, das Kerngebiet „core area“, zu bestimmen, wurden die äußeren Punkte, insgesamt 40 %, vernachlässigt (ANDREASSEN 1993). Die kleineren Polygone mit 95 % oder 60 % der Ortungen zeigen zwangsläufig eine höhere Dichte der Ortungen.

Bei der Konkav-Polygon-Methode werden die Punkte nur dann verbunden, wenn die Entfernung der zu verbindenden Punkte kürzer war als die gewählte Fraktion der Breite des Aktionsraumes. Diese Methode schließt Bereiche ein, die weniger häufig oder nie besucht werden, und ist deswegen kritisch zu bewerten. Trotzdem ist sie eine der Standardmethoden (KENWARD 1987).

Die Aktionsraumlänge wurde anhand der zwei entferntesten Punkte des Aktionsraumes bestimmt. Das Aktivitätszentrum (center of activity) wurde mit dem arithmetischen Mittel (sensu HAYNE 1949) berechnet. Jede Ortung hat einen x- und y-Wert; die Mittelwerte aller Ortungen der x- und y-Koordinaten ergeben die Koordinaten des Aktivitätszentrums.

4.2.6 Klimafaktoren

Die Werte für Temperatur, Luftfeuchtigkeit, Sonnenscheindauer, Wind, Regen etc. wurden von der Meteorologischen Station des Deutschen Wetterdienstes der FAL übernommen.



Abb. 4-1. *M. minutus* mit Sender (oben), 4-Element-YAGI-Antenne (unten)

4.3 ERGEBNISSE

Von den 23 ausgesetzten Mäusen konnten 19 telemetriert werden, 4 starben am ersten oder zweiten Tag des Versuchs. In drei Durchgängen wurden alle Tiere telemetriert. Die Versuchsdauer variierte für die einzelne Tiere zwischen 2 und 24 Tagen. Die Versuchstiere setzten sich beim 1. und 2. Versuch aus 3 Männchen und 2 Weibchen zusammen und beim 3. Versuch aus 5 Männchen und 4 Weibchen (Tab. 4-3 a, b und c).

Tab. 4-3 a. Daten der Versuchsdauer und Aussetzung der Zwergmäuse beim 1. telemetrischen Versuch (T1). A: Ausgesetzt, T: Telemetriert.

	M1	M2	M3	W1	W2
27.06.95	A	A		A	A
28.06.95	T	T		T	T
29.06.95	T	T		T	T
30.06.95	T	T		T	T
01.07.95	T	T			T
02.07.95	T	T			T
03.07.95	T	T	A		T
04.07.95	T	T	T		T
05.07.95	T	T	T		T

Tab. 4-3 b. Daten der Versuchsdauer und Aussetzung der Zwergmäuse beim 2. telemetrischen Versuch (T2). A: Ausgesetzt, T: Telemetriert

	M4	M5	M6	W5	W7
11.08.95	A	A			
12.08.95	T	T			
13.08.95		T	A	A	
14.08.95		T	T	T	
15.08.95		T	T	T	A
16.08.95		T	T	T	T
17.08.95		T	T	T	T
18.08.95		T	T	T	T
19.08.95		T	T	T	T
20.08.95		T	T	T	T
21.08.95		T	T	T	T

Tab. 4-3 c. Daten der Versuchsdauer und Aussetzung der Zwergmäuse beim 3. telemetrischen Versuch (T3). A: Ausgesetzt, T: Telemetriert

	M7	M8	M9	M10	M11	W9	W10	W11	W12
14.09.95	A	A	A	A					
15.09.95	T	T	T	T		A			
16.09.95		T	T	T		T			
17.09.95		T	T	T		T	A	A	
18.09.95		T	T	T		T	T	T	
19.09.95		T	T	T		T	T	T	
20.09.95		T	T	T		T	T	T	
21.09.95		T		T		T	T	T	
22.09.95		T					T	T	
23.09.95		T					T	T	A
24.09.95		T					T	T	T
25.09.95		T			A		T		T
26.09.95		T			T		T		T
27.09.95		T			T		T		T
28.09.95		T			T		T		T
29.09.95		T			T		T		T
30.09.95		T			T		T		T
31.09.95		T			T		T		
01.10.95		T			T		T		
02.10.95		T			T		T		
03.10.95		T			T		T		
04.10.95		T			T				
05.10.95		T			T				
06.10.95		T			T				

Die Zahl der Ortungen pro Maus variierte von 22 bis 455 (Tab. 4-5), da die Versuchsdauer jeweils unterschiedlich war und die Ortung von Faktoren wie Position der Antenne und der Maus, Temperatur, Luftfeuchtigkeit und Zustand der Vegetation abhängig ist. Bei höherer Luftfeuchtigkeit oder wenn sich die Maus in einem Loch befand, war das Signal schwach oder nicht zu erfassen. Einen starken Einfluß hatte auch die Lufttemperatur: Der Empfang war bei warmer Witterung erheblich besser als bei Kälte und besonders schlecht bei der Kombination von Kälte und Nässe.

4.3.1 Stichprobe

Um die notwendige Anzahl der Ortungen für die repräsentative Bestimmung eines Aktionsraumes zu ermitteln, wurde die Größe des Aktionsraumes in Bezug zur Zahl der Ortungen gesetzt. Die telemetrische Größe des Aktionsraumes steigt mit der Anzahl der Ortungen bei jeder Maus unterschiedlich an, ein allgemeiner Grenzwert ist nicht zu finden. Bei Männchen M8 vergrößerte sich jedoch der erfaßte Aktionsraum nach 50 Ortungen kaum noch. Bei Männchen 11 und Weibchen 10 vergrößerte er sich noch nach 125 Ortungen (Abb. 4-2). Eine Mindestzahl von 30 Ortungen wurde für die Analyse und Bestimmung eines Aktionsraumes festgesetzt (KENNWARD 1987); 17 von 19 Mäusen hatten 30 Ortungen oder mehr.

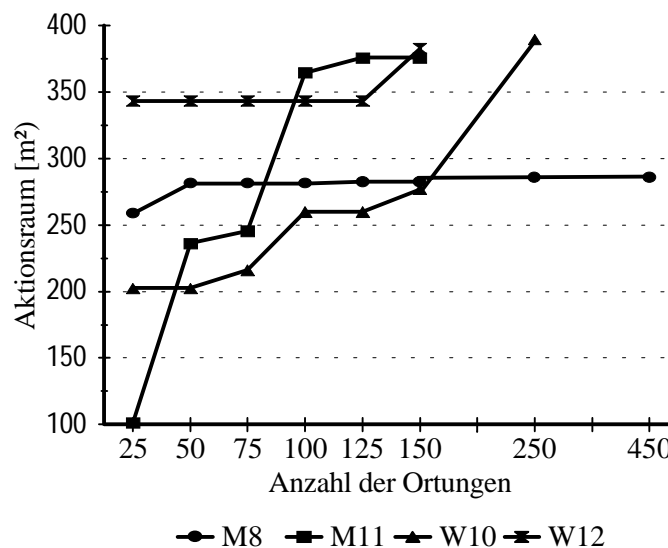


Abb. 4-2. Abhängigkeit des ermittelten Aktionsraumes von der Anzahl der Ortungen (bei einer Ortung pro Stunde)

4.3.2 Aktionsraumgröße

Die nach der Konvex-Polygon-Methode mit 100 % der Peilungen errechneten Aktionsraumgrößen (KX-100) variierten zwischen 156,4 m² und 481,5 m², im Durchschnitt war die Größe 294,7 m², der Median betrug 285,8 m². Die mit 95 % der Peilungen berechneten Aktionsräume (KX-95) waren bis 65 % kleiner, sie maßen von 110,3 m² bis 454,5 m², der Durchschnitt betrug 227,3 m² bei einem Median von 204,8 m². Nach der Konkav-Polygon-Methode variierten sie zwischen 148,5 m² und 456,8 m², der Durchschnitt errechnete sich zu 260,2 m², der Median zu 247,5 m².

Zum Vergleich zwischen Weibchen und Männchen und mit anderen Arten wurden

grundsätzlich die Aktionsräume nach der Konvex-Polygon-Methode mit 100 % der Peilungen verwendet. Die Weibchen hatten Aktionsräume von 171 m² bis 401,6 m² mit einem Durchschnitt von 302,1 m². Die Aktionsräume der Männchen wiesen eine größere Spannungsbreite auf, von 156,4 m² bis 481,5 m², mit einem Durchschnitt von 288,1 m² waren sie aber kleiner (Tab.4-4). Dieser Unterschied ist jedoch nicht signifikant (Mann-Whitney-Test, $p = 0,606$).

Die Aktionsraumlänge, die maximale Entfernung zwischen 2 Punkten des Aktionsraumes, schwankt zwischen 16,8 m und 34,8 m bei den Männchen, der durchschnittliche Wert lag bei 29,9 m, der Median betrug 31,5 m. Bei den Weibchen schwankte die Aktionsraumlänge zwischen 17,6 m und 33,6 m mit einem Durchschnittswert von 28,7 m und einem Median von 29,1 m.

Tab. 4-4. Telemetrisch mit der Konvex-Polygon-Methode ermittelte Aktionsräume von *M. minutus* mit 100 % der Peilungen (KX-100), mit 95 % (KX-95) und mit 60 % (KX-60) nach Männchen und Weibchen getrennt.

	WEIBCHEN (n = 8)			MÄNNCHEN (n = 9)		
	KX-100	KX-95	KX-60	KX-100	KX-95	KX-60
Min.	171,0	131,6	12,4	156,4	110,3	11,3
Max.	401,6	381,4	268,9	481,5	454,5	232,9
Mtw.	302,1	219,0	84,8	288,1	234,8	104,8
Stdabw	78,0	92,8	90,7	96,8	107,3	76,8
Median	291,4	175,5	42,2	285,8	205,9	74,3

4.3.3 Nutzung des Aktionsraumes: Kerngebiet „Core Area“ und Aktivitätszentren

Die Aktionsräume der verschiedenen Mäuse wurden unterschiedlich genutzt. Es gab bestimmte Bereiche, in denen sich die Maus hauptsächlich aufhielt, andere Bereiche, in denen sie regelmäßig auftrat, und wiederum andere, die eine einmalige Exkursion darstellten. Beispiele für die Nutzungen der Aktionsräume eines Männchens und eines Weibchens sind in Abb.4-3 gezeigt (für die übrigen Mäuse befinden sich Karten mit den Ortungen im Anhang S. 104-111). Die Nutzung kann im Laufe der Zeit variieren, ein Beispiel dazu zeigt Abb. 4-4, in der die Standorte an verschiedenen Tagen dargestellt werden.

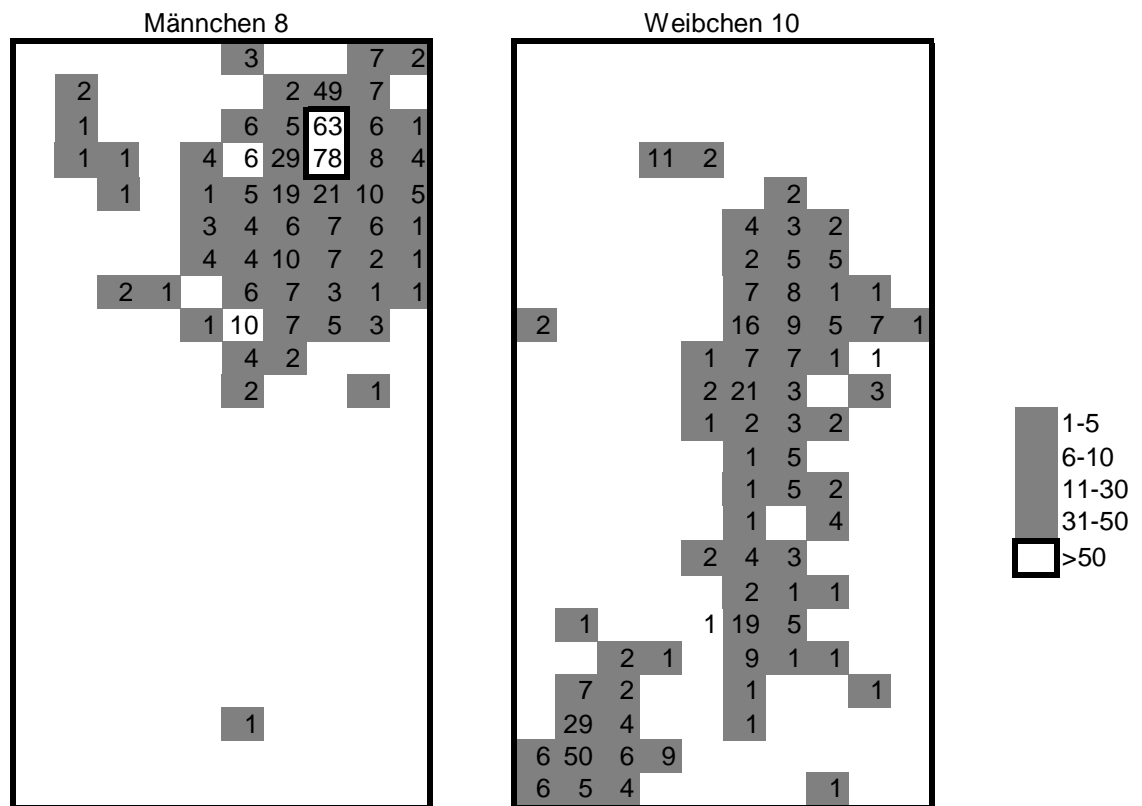
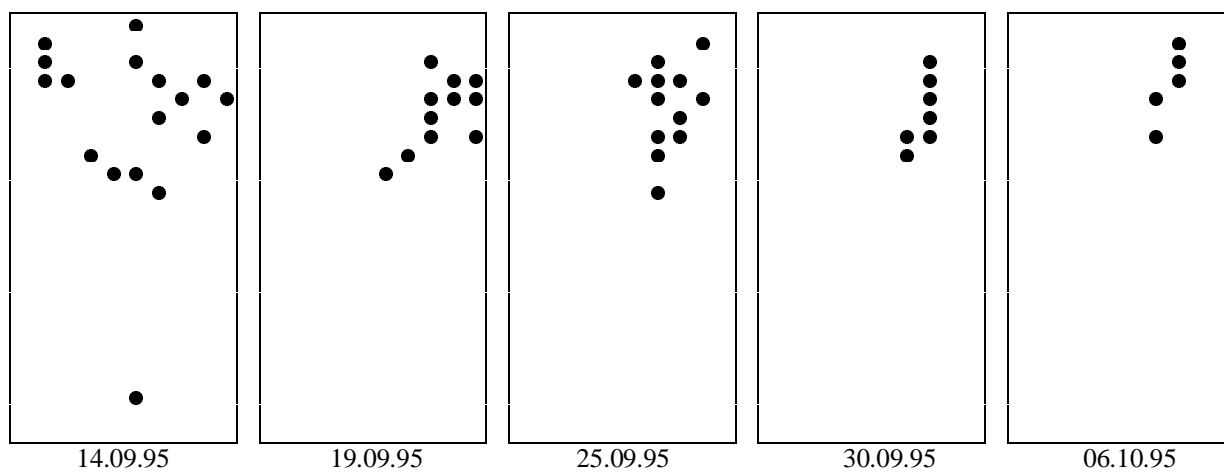


Abb. 4-3. Nutzungsmuster des Aktionsraumes eines Männchens und eines Weibchens

Männchen M8



Weibchen W10

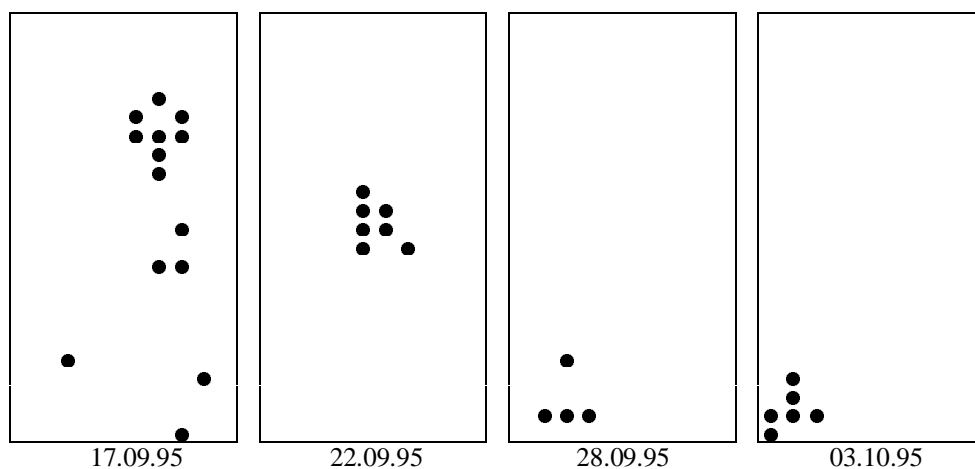


Abb. 4-4. Telemetrisch gefundene Standorte eines Männchens und eines Weibchens von *M. minutus* am 1., 6., 12. und 18. Versuchstag, bei dem Männchen zusätzlich am 24. Versuchstag

Um den am häufigsten genutzten Teil des Aktionsraumes, das Kerngebiet „core area“, zu berechnen, in dem das Tier theoretisch 60 % der Zeit verbringt, wurde ein Konvex-Polygon mit 60 % der Ortungen berechnet; dabei wurden die 40 % der äußersten Ortungen nicht berücksichtigt. Die Kerngebiete variierten zwischen 11,3 m² und 268,9 m², durchschnittlich betrugen sie 95,4 m² mit einem Median von 54 m² (Tab. 4-5). Es gab keinen signifikanten geschlechtsspezifischen Unterschied (Mann-Whitney P = 0,370). Das Zentrum der Aktivität wurde mit den Mittelwerten aller x- und y- Koordinaten berechnet (Abb. 4-5, 4-6 und 4-7 a und b).

Tab. 4-5. Telemetrisch mit der Konvex-Polygon-Methode ermittelte Aktionsräume mit 100 % der Peilungen (KX-100), mit 95 % (KX-95) und mit 60 % (KX-60); nach der Konkav-Polygon-Methode mit 100 % der Peilungen errechnete Aktionsräume (KV-100); Länge des Aktionsraumes (LA). * Wegen zu geringer Anzahl der Ortungen nicht im allgemeinen Durchschnittswert berücksichtigt

INDIV	Beobachtungs- zeitraum	Anzahl der Ortungen	KX-100 m ²	KX-95 m ²	KX-60 m ²	KV-100 m ²	LA m
W 1	27.06-30.06	61	272,3	196,9	12,4	243,0	28,8
W 2	27.06-02.07	76	310,5	131,6	69,8	249,8	28,1
W 5	14.08-21.08	118	171,0	154,1	50,6	169,9	17,6
W 7	16.08-19.08	65	244,1	154,1	27,0	219,4	28,2
W 9	15.09-21.09	123	245,3	241,9	33,8	191,3	30,2
W10	17.09-03.10	351	388,1	355,5	203,6	365,6	29,4
W11	17.09-24.09	109	401,6	381,4	268,9	381,4	33,6
W12	23.09-30.09	172	383,6	136,1	12,4	261,0	33,5
M 1	27.06-03.07	81	299,3	204,8	148,5	267,8	29,0
M 2	27.06-05.07	31	261,0	217,1	74,3	247,5	34,8
M 3*	03.07-04.07	27	118,1	90,0	74,3	42,8	15,5
M 4*	11.08	28	64,1	29,3	4,5	27,0	12,0
M 5	11.08-21.08	119	481,5	454,5	208,1	456,8	34,8
M 6	14.08-21.08	111	333,0	316,1	32,6	313,9	31,5
M 7	14.09-15.09	35	243,0	205,9	146,3	198,0	31,5
M 8	14.09-06.10	455	285,8	137,3	34,9	216,0	30,6
M 9	14.09-20.09	85	157,5	129,4	54,0	151,9	27,0
M10	14.09-21.09	116	156,4	110,3	11,3	148,5	16,8
M11	25.09-06-10	183	375,8	337,5	232,9	342,0	33,2

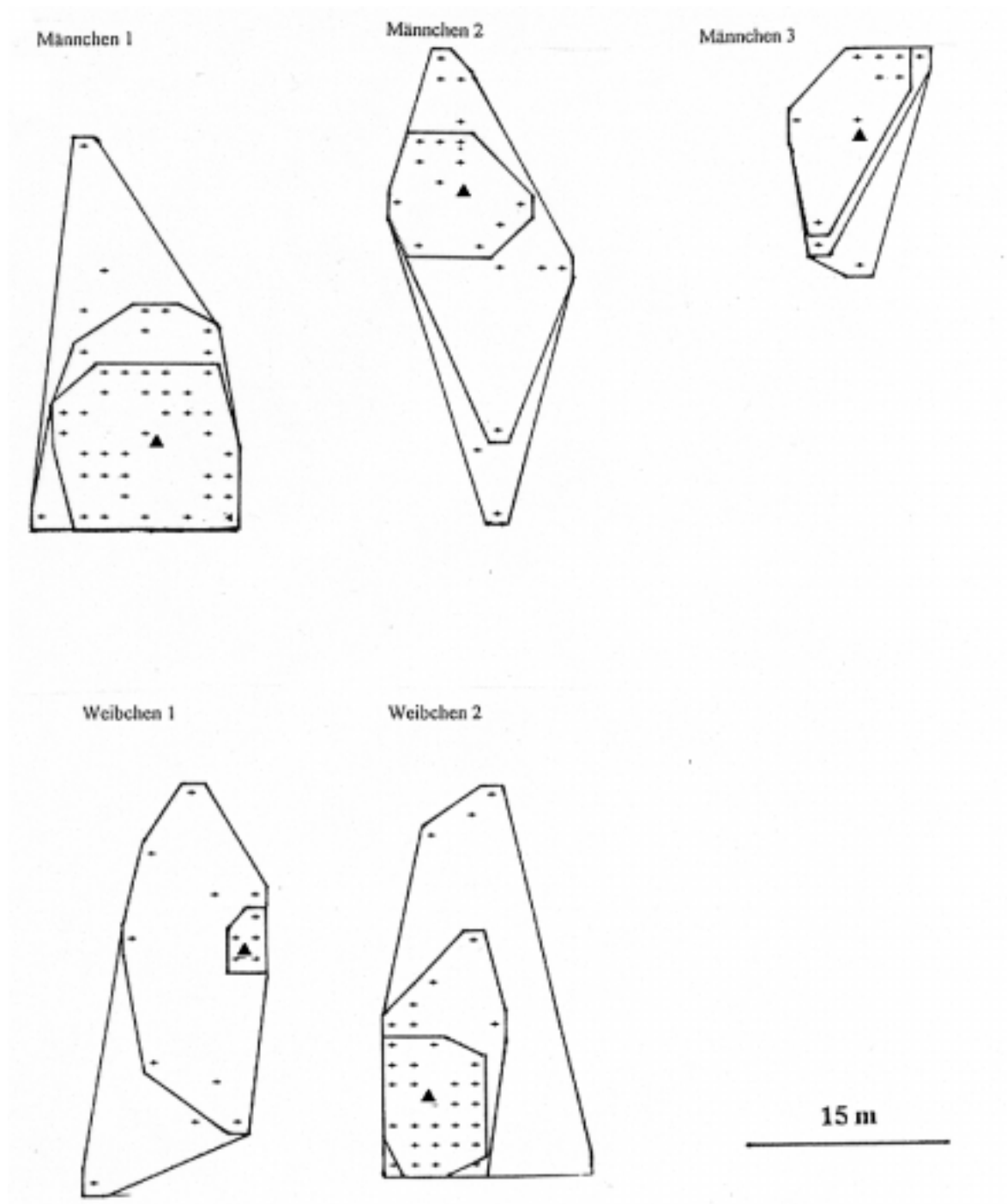


Abb. 4-5. Aktionsräume nach der Konvex-Polygon-Methode mit 100 %, 95 %, 60 % (Kerngebiete „core area“) der Peilungen und Aktivitätszentren (▲) der Mäuse beim 1. telemetrischen Durchgang

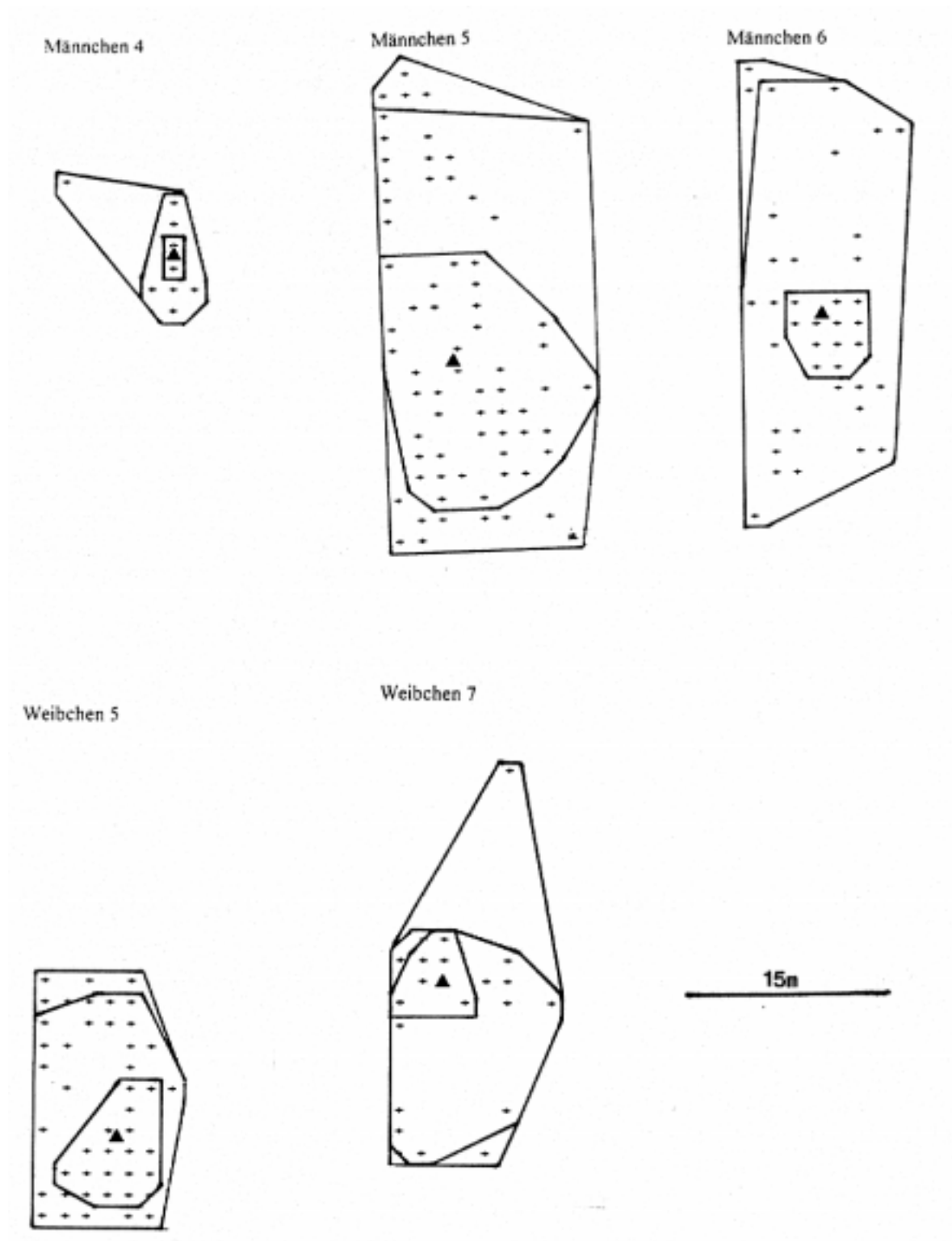
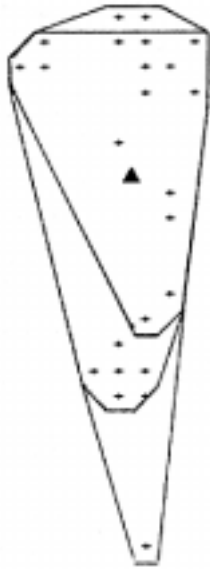
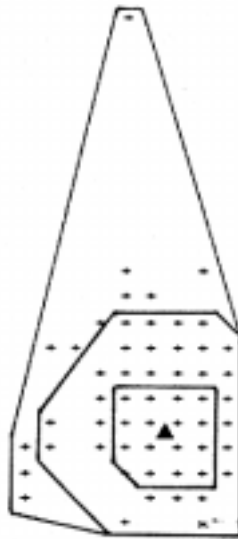


Abb. 4-6. Aktionsräume nach der Konvex-Polygon-Methode mit 100 %, 95 %, 60 % (Kerngebiete „core area“) der Peilungen und Aktivitätszentren (▲) der Mäuse beim 2. telemetrischen Durchgang

Männchen 7



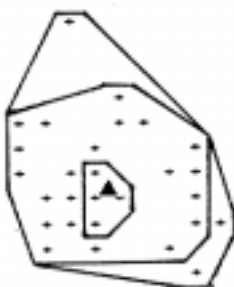
Männchen 8



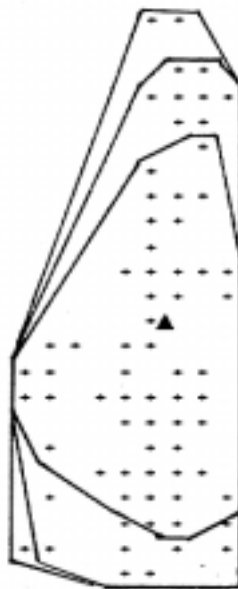
Männchen 9



Männchen 10



Männchen 11



15 m



Abb. 4-7a. Aktionsräume nach der Konvex-Polygon-Methode mit 100 %, 95 %, 60 % (Kerngebiete „core area“) der Peilungen und Aktivitätszentren (▲) der Männchen beim 3. telemetrischen Durchgang

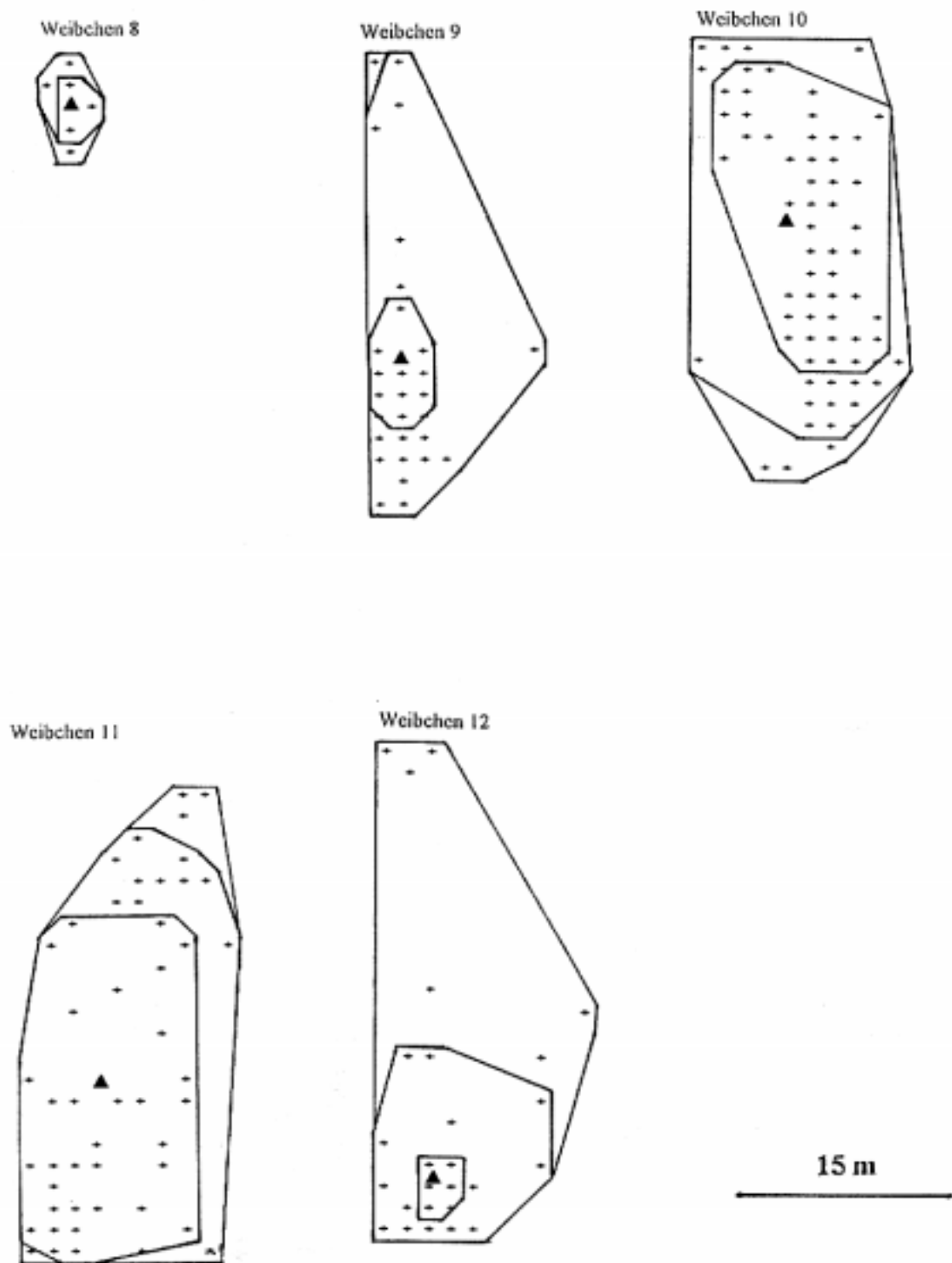


Abb. 4-7b. Aktionsräume nach der Konvex-Polygon-Methode mit 100 %, 95 %, 60 % (Kerngebiete „core area“) der Peilungen und Aktivitätszentren (▲) der Weibchen beim 3. telemetrischen Durchgang
Überlappung des Aktionsraumes

4.3.4 Überlappung des Aktionsraumes

Dieser Aspekt zeigt, welchen Anteil des Aktionsraumes sich mehrere Individuen teilen, und gibt damit Hinweise auf eine eventuelle Monopolisierung als Ausdruck von Territorialität. Wenn der überlappende Bereich groß ist, ist Territorialität weniger wahrscheinlich.

Bei den 3 Versuchsdurchgängen (T1, T2 und T3) wurden alle telemetrisch bestimmten Aktionsräume auf Überlappung geprüft. Die Überlappung wurde als prozentualer Anteil des Aktionsraumes berechnet. Um die Überlappung verschiedener Bereiche des Aktionsraumes zu untersuchen, wurden die für jedes Individuum nach der Konvex-Polygon-Methode mit 100 % (KX-100), 95 % (KX-95) und 60 % (KX-60) der berechneten Ortungen verglichen. Um die drei telemetrischen Durchgänge vergleichen zu können, wurde ein Durchschnittswert aller Überlappungen jedes einzelnen Durchganges ermittelt (Tab. 4-6). Die größten Durchschnittswerte der Überlappung traten bei den Aktionsräumen KX-100 auf; der Durchschnittswert (in %) beim ersten telemetrischen Durchgang war 61, beim zweiten 73 und beim dritten 59. Bei den Aktionsräumen KX-95 war der Überlappingsgrad geringer als mit KX-100 (30, 68 und 45 für T1, T2 und T3 entsprechend). Am niedrigsten war die Überlappung der Kerngebiete (KX-60) (Abb. 4-8), die Durchschnittswerte betrugen 9,4 % beim ersten, 31,0 % beim zweiten und 19,3 % bei dritten telemetrischen Durchgang.

Tab. 4-6. Überlappung [%] der Aktionsraumgröße der telemetrischen Durchgänge (T1, T2 und T3) von *M. minutus* nach der Konvex-Polygon-Methode mit 100 % der Ortungen (KX-100), mit 95 % (KX-95) und mit 60 % (KX-60)

	T1			T2			T3		
	KX-100	KX-95	KX-60	KX-100	KX-95	KX-60	KX-100	KX-95	KX-60
Minimum	9,0	0,0	0,0	14,0	6,8	0,0	13,0	0,4	0,0
Maximum	95,0	81,0	73,7	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0
Mittelwert	61,4	30,2	9,4	72,6	67,7	31,0	59,4	44,7	19,3
Standardabw.	26,6	23,1	19,6	27,4	29,5	35,5	25,0	28,6	31,4

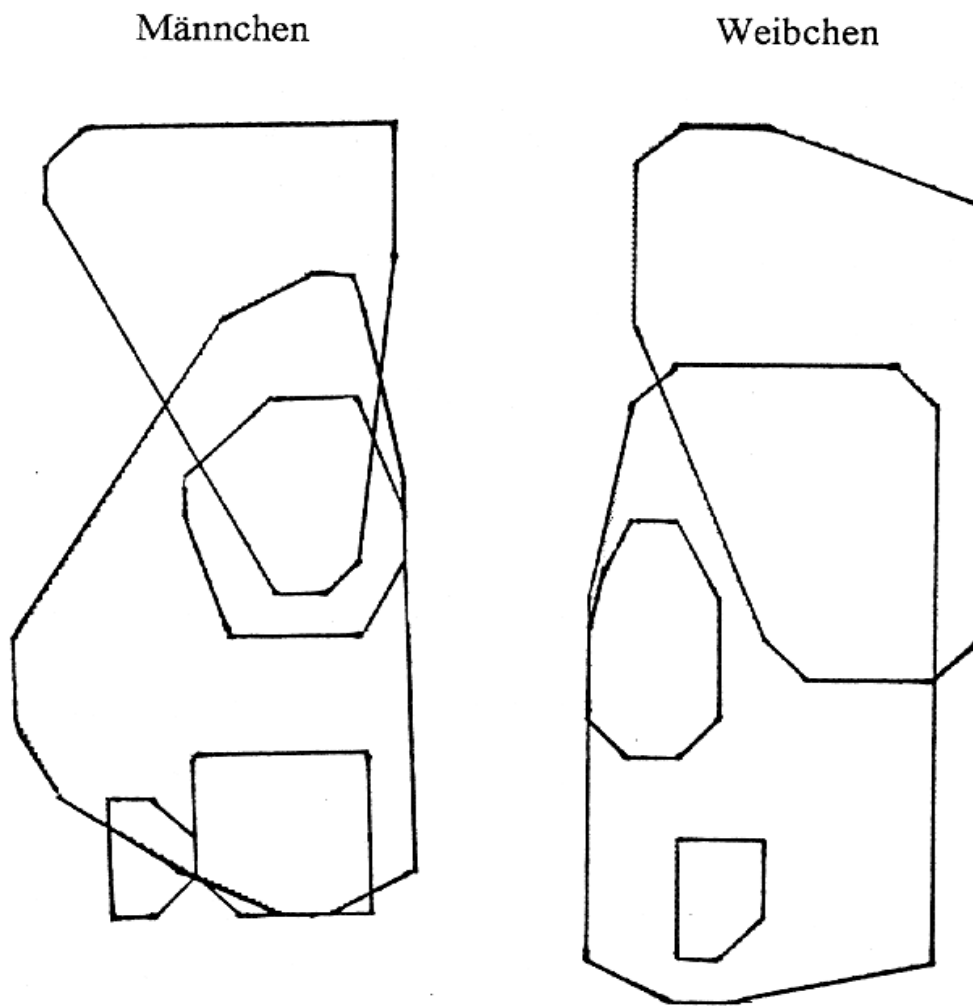


Abb. 4-8. Überlappung der Kerngebiete (nach der Konvex-Polygon-Methode mit 60 % der Peilungen) der Männchen und Weibchen beim 3. telemetrischen Durchgang

Männchen und Weibchen zeigten Unterschiede in der Überlappung der Aktionsräume; die drei Aktionsräumen der Weibchen wiesen einen höheren Durchschnittswert der Überlappung auf (Matrizes der Überlappung im Anhang S. 112-113). Dieser Unterschied ist nur signifikant bei Aktionsraum KX95 (Tab. 4-7).

Tab. 4-7. Durchschnittliche Überlappung der Aktionsräume in Prozent von *M. minutus* nach der Konvex-Polygon-Methode mit 100 % der Ortungen (KX-100), mit 95 % (KX-95) und mit 60 % (KX-60) nach Weibchen und Männchen getrennt. n.s. = nicht signifikant ($P > 0,05$); * = signifikant ($P < 0,05$)

	Männchen	Weibchen	P (U-Test)
KX-100	52,6	74,9	n. s.
KX- 95	34,3	58,3	*
KX- 60	13,7	29,5	n. s.

4.3.5 Die „nearest neighbour distance“: NND

Bei Berechnung nach KX-100 ergaben sich zwangsläufig höhere Werte für die Größe der Aktionsraum als nach KX-60. Danach werden die häufiger genutzten Teile eines Aktionsraumes weitgehend nur von einem residenten Individuum genutzt. Einen deutlicheren Hinweis auf solche Bereiche bietet die Analyse der Abstände der Aktivitätszentren nach der „nearest neighbour distance“-Methode, NND. Bei jedem Individuum wird hierbei die Entfernung seines Aktivitätszentrums zu allen anderen Aktivitätszentren anderer Mäuse im Versuch berechnet (Tab. 4-8), wovon der kürzeste Abstand den NND darstellt. Die NND-Entfernungen variierten zwischen 2,3 m und 11 m, im Durchschnitt lag die Entfernung bei 6,37 m. Es ergab sich weder ein Unterschied zwischen den drei telemetrischen Durchgängen (Mann-Whitney Test $P = 0,095$ T1-T2; $P = 0,797$ T1-T3 und $P = 0,240$ T2-T3) noch ein geschlechtsspezifischer Unterschied ($P = 0,545$).

Tab. 4-8. Die „nearest-neighbour-distance“ NND zwischen den Aktivitätszentren von *M. minutus* bei den drei telemetrischen Durchgängen.

INDIV.	NND	benachbartes Tier	telemetrischer Durchgang
M 1	5,9	W 2	T1
M 2	7,2	M 3	T1
M 3	7,2	M 2	T1
W 1	11,1	M 2	T1
W 2	5,9	M 1	T1
M 4	9,9	M 5	T2
M 5	4,4	M 6	T2
M 6	2,3	W 7	T2
W 5	5,4	M 5	T2
W 7	2,3	M 6	T2
M 7	6,6	M 9	T3
M 8	6,6	M 10	T3
M 9	6,6	M 7	T3
M 10	6,6	M 8	T3
M 11	9,3	M 8	T3
W 9	4,2	W 11	T3
W 10	7,7	W 11	T3
W 11	4,2	W 9	T3
W 12	7,7	M 8	T3

4.3.6 Interaktionen

Bei den telemetrischen Arbeiten konnte auch registriert werden, ob und wie häufig sich Tiere begegneten und wie lange sie zusammen blieben. Innerhalb des dritten Telemetrieversuchs, bei dem 9 Mäuse stündlich telemetriert wurden, konnten bis zu 6 Individuen gleichzeitig erfaßt werden. Insgesamt 10mal konnten 2 Tiere im selben Quadrat registriert werden (Tab. 4-9). In 9 Fällen handelte es sich um jeweils einmalige Ortungen (die Tiere waren theoretisch nur bis maximal 60 Minuten zusammen). Nur in einem Fall hielten sich die Mäuse 10 Stunden lang im selben Quadrat auf.

Tab. 4-9. Interaktionen von *M. minutus* auf dem Versuchsfeld beim dritten Telemetriedurchgang.

Datum	Tiere	Ort	Uhrzeit
16.09.95	M8-M9	H9	05:00
18.09.95	M8-M9	H5	14:00
19.09.95	M10-W11	C3	15:00
	M10-W11	D3	20:00
20.09.95	W11-W9	B8	06:00
21.09.95	M10-W10	D4	08:00-18:00
23.09.95	M8-W10	I11	08:00
	M8-W12	H4	18:00
27.09.95	M8-M11	C8	14:00
28.09.95	M8-M11	H3	01:00

4.3.7 Laufstrecken

Die Laufstrecken zwischen zwei aufeinanderfolgenden telemetrischen Ortungen (innerhalb ca. 1 h) wurden für 20 Mäuse ermittelt; sie variierten von 1,5 bis 35 m (Abb. 4-9). Der Durchschnittswert für einzelne Individuen lag bei 2,2 bis 9 m. Die Tageslaufstrecke variierte zwischen 0 und 172,3 m, im Durchschnitt lag sie bei 48,3 m. Zwischen Männchen und Weibchen ergab sich kein Unterschied (Mann-Whitney Test $P = 0,388$). Beispiele der 24-Stunden-Bewegungen zweier Individuen zeigen, daß die Mäuse sich häufig an bevorzugten Stellen aufhielten und von dort aus Exkursionen unternahmen (Abb. 4-10). Längere Pausen sowie größere Exkursionen fanden bei Tag und bei Nacht statt.

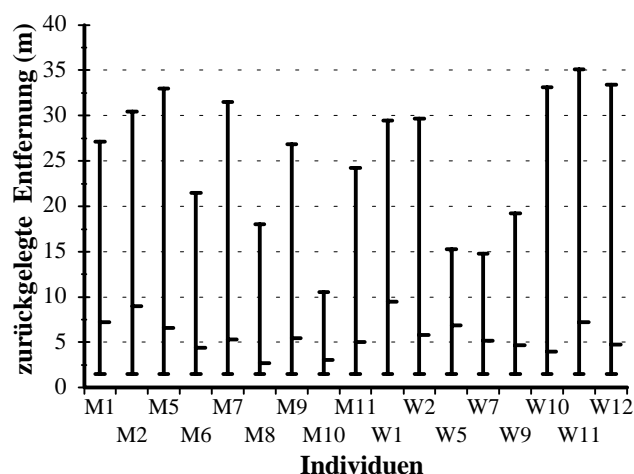


Abb. 4-9. Durchschnittliche und maximale Werte der zurückgelegten Entfernungen (m) der 17 Versuchsmäuse für alle Tage, an denen sie telemetriert wurden

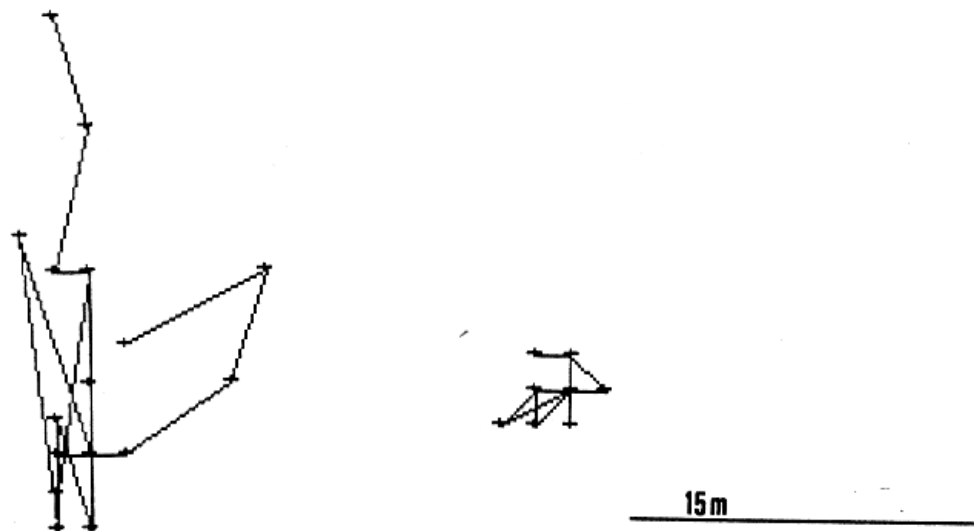


Abb. 4-10. Ortbewegungen in 24 Stunden zweier Individuen von *M. minutus*

Inter- und intraindividuelle Variation

Die Laufstrecken der einzelnen Individuen variierten sowohl im Muster als auch in der Länge. Die zurückgelegten Entfernungen sind für drei Männchen und vier Weibchen als Beispiel der individuellen Variation in Abb. 4-11 graphisch dargestellt.

Auch im Aktivitätsmuster eines Individuums konnte eine starke Variabilität beobachtet werden. Bei jedem Individuum variierte der Umfang und die Zeit seiner täglichen Aktivität. Ein typisches oder regelmäßiges individuelles Aktivitätsmuster ließ sich nicht erkennen. Ein Beispiel hierfür zeigt Abb. 4-11 anhand der Aktivität eines Individuums über 3 Tage.

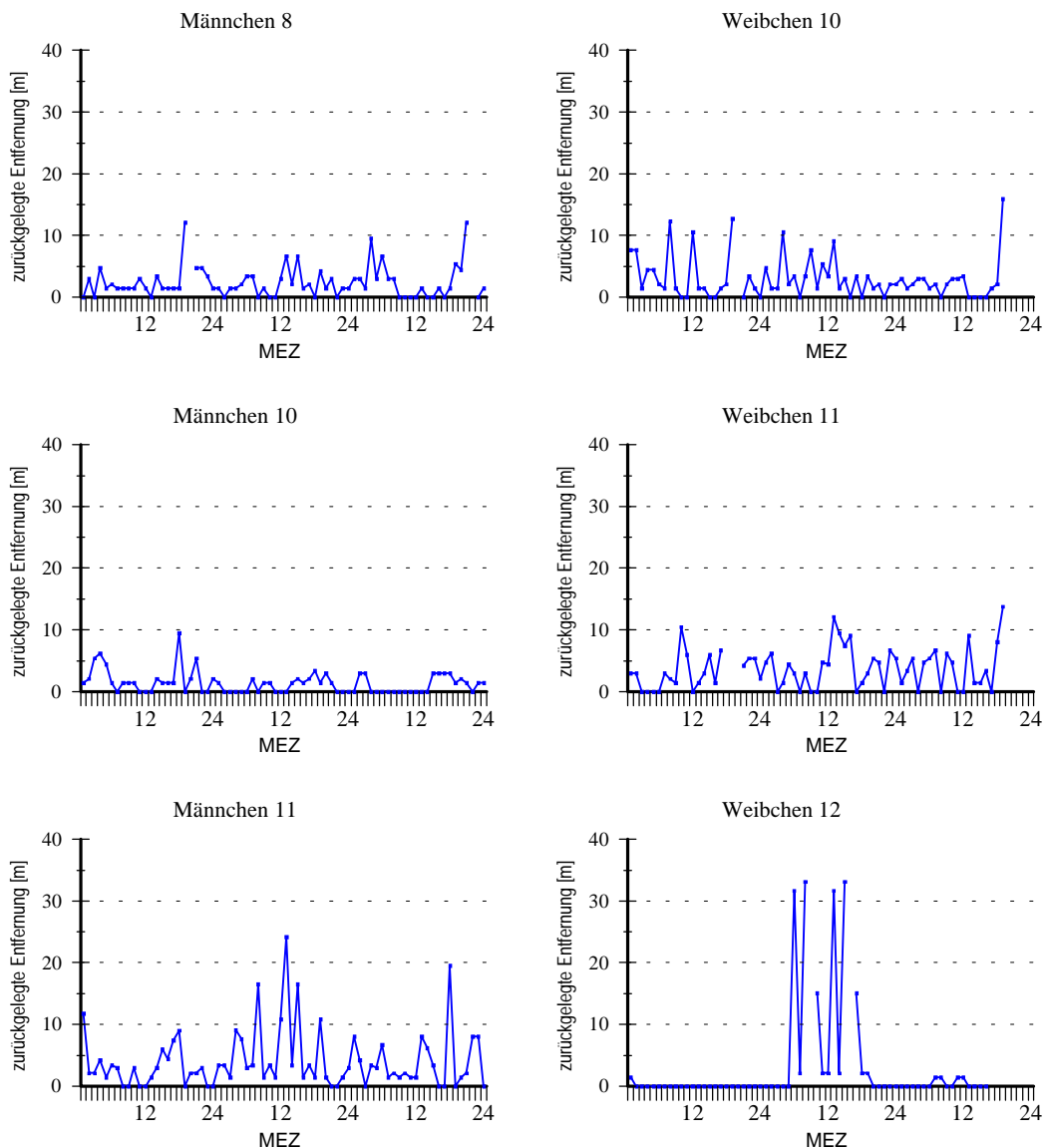


Abb. 4-11. Intra- und interindividuelle Variation der Laufleistung von *M. minutus*. Zurückgelegte Entfernungen in Abhängigkeit von der Tageszeit von 6 Individuen im Laufe von drei aufeinanderfolgenden Tagen

Tag- und Nachtaktivität

Bei allen 19 Mäusen der drei telemetrischen Durchgänge wurde der Minimum-, Maximum- und Mittelwert jeder Stunde des Tages bestimmt. Es ist zu erkennen, daß die durchschnittlichen Laufstrecken im Laufe des Tages nur wenig variieren (Abb. 4-12).

Um den Einfluß der Dämmerungsphasen genauer zu untersuchen, wurde für jeden telemetrischen Durchgang die Laufstrecke in Bezug auf Sonnenaufgang und Sonnenuntergang graphisch dargestellt; ein Zusammenhang zwischen der Aktivität und den Dämmerungsphasen wurde nicht gefunden. Es waren große tägliche sowie individuelle Abweichungen vorhanden.

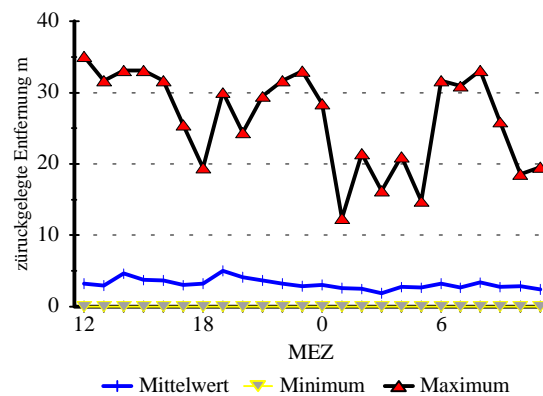


Abb. 4-12. 24-Stunden-Rhythmik der zurückgelegten Entfernungen der 17 Versuchsmäuse während des gesamten Untersuchungszeitraums

Für den dritten telemetrischen Durchgang wurden die Aktivitätsanteile in Prozent berechnet. Als Aktivität wurde gewertet, wenn sich die Maus bewegte. Wenn sie im selben Quadrat wiederholt geortet wurde, galt das als Inaktivität. Eine typische Aktivitätszeit läßt sich nicht erkennen (Abb. 4-13). Der Minimalwert betrug 1,9 m um 03:00 h, der Maximalwert 5 m um 19:00 h. Eine eindeutige Hochphase der Tagesaktivität läßt sich nicht erkennen, lediglich um 05:00 h und um 19:00 war die Aktivität tendenziell etwas erhöht.

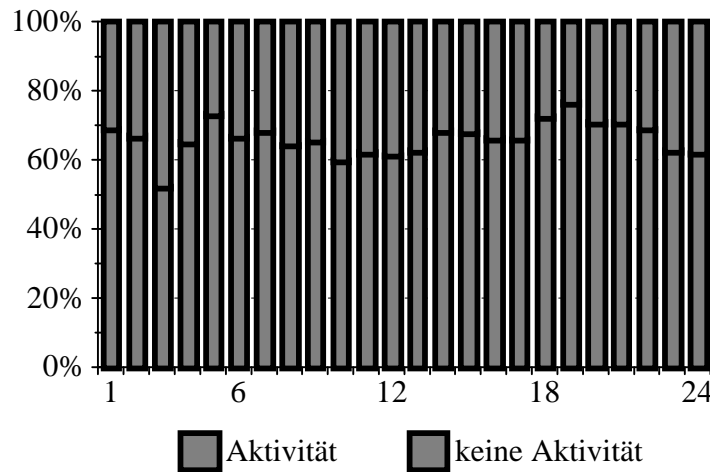


Abb. 4-13. Tagesaktivitätsmuster in Aktivitätsprozent pro Stunde, gemittelt über alle Zwergmäuse, *M. minutus* in dem gesamten Untersuchungszeitraum (T1, T2 und T3)

4.3.8 Aktivität und Klimafaktoren

Um den Zusammenhang zwischen klimatischen Parametern und der Aktivität zu untersuchen, wurde der Tagesdurchschnitt der zurückgelegten Entfernung der 8 Mäuse des dritten telemetrischen Versuchs mit den täglichen klimatischen Parametern wie Tagesmitteltemperatur [°C] (TEMP), Sonnenscheindauer [Stunden] (SOSD), Globalstrahlung [J/cm²] (GLOS), Niederschlagsmenge [mm] (NSM) in einer multiplen Regression analysiert. Dabei wurde versucht, die abhängige Variable (hier Aktivität: A) als lineare Funktion der unabhängigen Variablen (hier Klimadaten) folgendermaßen darzustellen:

$$A = \beta_0 + \beta_1 \cdot \text{TEMP} + \beta_2 \cdot \text{SOSD} + \beta_3 \cdot \text{NSM} + \beta_4 \cdot \text{RELL} + \beta_5 \cdot \text{GLOS}$$

Die Analyse der gesamten Faktoren ergab einen nur geringen und nicht signifikanten Zusammenhang (Korrelationskoeffizient $R = 0,424$). Der Einfluß der einzelnen Faktoren wurde mit der Backward Methode berechnet (Modelle Tab. 4-10). Bei dieser Methode wird als erstes (Modell 1) das obige Modell benutzt. Anschließend (Modelle 2, 3, 4, 5 und 6) werden an dem Modell jeweils sukzessiv die Variablen entfernt, die den geringsten Anteil zur Gesamtsignifikanz ergeben (F-Test). Eine Kontrolle der so verringerten Signifikanz des Modells liefert der Regressionskoeffizient R. Die Sonnenscheindauer mit einer negativen Steigung erwies sich als der bedeutsamste Faktor.

In Bezug auf die klimatischen Parameter wurden erhebliche Unterschiede zwischen den Aktivitätsmustern der Individuen festgestellt. Eine Regressionsanalyse der klimatischen Parameter und der durchschnittlich zurückgelegten Entfernung jedes Individuums wurde durchgeführt. Die Auswirkung der klimatischen Faktoren auf die Aktivität war individuell verschieden, was sowohl am Korrelationskoeffizienten als auch am Vorzeichen der Steigung erkennbar ist. Jeder Faktor wirkte auf einige Mäuse positiv und auf andere negativ.

Tab. 4-10. Modell der Regression der täglichen klimatischen Parameter: Temperatur (TEMP), Sonnenscheindauer (SOSD), Niederschlagsmenge (NSM), Relative Luftfeuchtigkeit (RELL), Globalstrahlung (GLOS) und die durchschnittliche tägliche zurückgelegte Entfernung.

Modell	Variable eingetragen	entfernt	R	R ²	korrigierter R ²	Standardabweichung des Schätzwertes
1	TEMP SOSD NSM RELL GLOS		0,424	0,180	-0,062	1,085
2		NSM	0,412	0,170	-0,014	1,061
3		GLOS	0,393	0,155	0,021	1,042
4		TEMP	0,373	0,139	0,053	1,025
5		RELL	0,236	0,056	0,011	1,047
6		SOSD	0,000	0,000	0,000	1,053

1. Unabhängige Variable: (Konstant), TEMP, SOSD, RELL, GLOS
2. Unabhängige Variable: (Konstant), TEMP, SOSD, RELL, GLOS
3. Unabhängige Variable: (Konstant), TEMP, SOSD, RELL
4. Unabhängige Variable: (Konstant), SOSD, RELL
5. Unabhängige Variable: (Konstant), SOSD
6. Unabhängige Variable: (Konstant)

4.4 DISKUSSION

4.4.1 Methodenkritik

Mit der Radiotelemetrie steht eine Ortungsmethode zur Verfügung, die es erlaubt, die besenderten Tiere ohne Störung in ihrer Bewegungsfreiheit und zu jedem beliebigen Zeitpunkt aufzufinden. Die Radiotelemetrie ermöglicht es, Daten zum räumlichen und zeitlichen Verhalten von einzelnen Individuen zu ermitteln und besonders gut das Verhalten in unterschiedlichen Bereichen des Aktionsraumes zu untersuchen. Durch regelmäßige Ortsbestimmungen der Tiere lassen sich Aussagen über die circadiane Aktivitätsverteilung im Freiland machen, die sonst nicht möglich sind. Trotz aller Vorzüge hat die Methode aber auch ihre Schwächen. Die geringen Körpermaße der Versuchstiere erfordern einen Kompromiß zwischen Gewicht, Reichweite und Lebensdauer des Senders. Die Reichweite schwankte stark; sie wird von mehreren Faktoren beeinflusst. Die Höhe der Vegetation erwies sich als eine deutliche Einschränkung für die Ausbreitung der Signale. Nachdem im Herbst 1995 der Hafer auf der Versuchsfläche umgeknickt war, wurden die Signale merklich stärker und klarer. Niedrige Temperaturen und Taufeuchte des Hafers schwächten die Signale ab. Weiterhin hielten sich die Zwergmäuse gelegentlich in Löchern auf, so daß die Signale entsprechend schwach waren.

Die Mäuse wurden von den Sendern teilweise behindert. Die Originalantenne der Sender aus Litze mit Plastiküberzug verursachte Probleme. Der Plastiküberzug wurde von den Mäusen durch Benagen stark aufgerauht, was gelegentlich dazu führte, daß sie damit häufig in der Vegetation hängenblieben und sich nicht selbst befreien konnten. Dieses Problem wurde durch die Verwendung von Antennen aus glattem Gitarrendraht entschärft. Die Lebensdauer der Batterien wirkte sich nicht einschränkend auf die Untersuchung aus, hingegen war das Gewicht ein limitierender Faktor. Die Sender wogen 1,0 g bis 1,4 g und entsprechen somit 9,2 % bis 18,0 % des Körpergewichts der Mäuse. Die Relation von Körpergewicht zu Sendergewicht liegt damit zum Teil über der empfohlenen Grenze von 10 % (KENWARD 1987). Obwohl davon auszugehen ist, daß die Sender die Bewegungsfähigkeit der Mäuse beeinflussen können, ist unklar, ob das Gewicht eine entscheidende Rolle gespielt hat. Von daher ist der empfohlene 10 %-Wert zu diskutieren, vor allem bei sehr kleinen Säugern, wo ein Weibchen in der Schwangerschaft bis zu 75 % seines Eigengewichts zusätzlich trägt (verg. Kap. Lebensgeschichte).

Von den 22 telemetrierten Tieren starben 13 während der Untersuchung. Inwieweit der Sender den Tod der Mäuse verursacht hat, ist unklar und dürfte individuell verschieden sein. Auch andere Faktoren wie höhere Temperatur können die Tiere belastet haben. Ergebnisse des Vorjahres zeigen eine positive Tendenz mit sehr hohen oder sehr niedrigen Temperaturen und Totfängen; auch wurden zwei nicht besenderte Mäuse tot im Versuchsfeld gefunden. In 2 Fällen waren die Mäuse mit der aufgerauhten Antenne hängengeblieben und wurden tot aufgefunden. In weiteren 6 Fällen waren die Mäuse nach dem Aussetzen sehr apathisch, bewegten sich wenig und starben am selben bzw. am darauffolgenden Tag. Die Mehrzahl der Testtiere unternahm jedoch nach dem Aussetzen im Freiland spontan Erkundungen, wobei sie teilweise größere Entfernungen zurücklegten.

Die Beeinflussung der Tiere durch die Sender wurde von WOLTON & TROWBRIDGE (1985) an *Apodemus sylvaticus* untersucht. Die Autoren verglichen die Wiederfangrate von besenderten und unbesenderten Mäusen und fanden eine geringere Wiederfangrate bei den besenderten Mäusen, die durch höhere Mortalität und eventuell durch erhöhte Fallenscheue verursacht wurde. Sie berichten, daß die höchste Mortalität am ersten oder zweiten Tag nach dem Anbringen der Sender auftrat und daß einige Mäuse unfähig waren, sich mit dem Sender fließend zu bewegen. Dies führen die Autoren nicht auf das Sendergewicht, sondern vor allem auf die Sperrigkeit des Senders zurück. Die schweren Mäuse mit prozentual geringerem Sendergewicht hatten keine besseren Überlebensraten als die kleineren Artgenossen. Ein Einfluß des Senders auf die Nahrungsaufnahme wird verneint.

WOLTON & TROWBRIDGE (1985) haben ebenso den Einfluß der Sender auf die Dominanzbeziehungen zwischen Männchen untersucht. Sie bestimmten an Paaren reproduktiver Männchen die Dominanzverhältnisse. Drei Serien von Begegnungen wurden durchgeführt: Die erste Begegnung ohne Sender, um die natürliche Beziehung festzustellen; bei der zweiten Begegnung wurde vorher ein Sender auf einem Partner angebracht, und vor der dritten Begegnung wurde vorher der Sender wieder entfernt. Das Verhalten der Mäuse war in den drei Serien sehr ähnlich, so daß ein Einfluß der Sender auf Dominanzbeziehungen der Tiere ausgeschlossen werden konnte.

4.4.2 Stichprobe

Eine allgemeine Stichprobe für einen repräsentativen Aktionsraum konnte nicht ermittelt werden, denn sie ist individuell unterschiedlich (vergl. Abb. 4-2). Die genutzten Flächen sind in den Regel am ersten Tag klein und werden nach und nach ausgeweitet. Das

Maximum wurde bei einigen Tieren schon nach 2 Tage, bei anderen erst nach 10 Tagen erreicht.

Die große Abweichung bei den Aktionsräumen von 156,4 bis 481,5 m² mit der Konvex-Polygon-Methode könnte zum Teil durch die Stichprobe der Ortungen beeinflusst worden sein. Jedenfalls zeigen die Aktionsraumgrößen eine gewisse Tendenz zur Stabilisierung; beim Männchen M8 zum Beispiel ändert sich die Aktionsraumgröße von 50 bis 459 Ortungen kaum. Trotzdem konnte der Unterschied der Aktionsraumgröße erfaßt werden. So wies das Männchen M8 mit 459 Ortungen einen kleineren Aktionsraum auf als das Männchen M11 mit 100 Ortungen.

4.4.3 Aktionsraum

Das Begriff Aktionsraum wurde von verschiedenen Autoren definiert. BURT (1943) beschreibt den Aktionsraum (home range) als „the area, usually around a home site, over which the animal normally travels in search of food“ und unterscheidet den Aktionsraum vom Territorium (territory): „the protected part of the home range, be it the entire home range or only the nest“. EIBL-EIBESFELDT (1958) charakterisiert den Aktionsraum als das Gebiet, in dem Weide-, Trink- und Sonnenplätze sowie Ausgucke liegen und mit dem ein Tier vertraut ist, das Revier hingegen als einen bestimmten Bezirk des Aktionsgebietes, der gegen Artgenossen verteidigt wird. JEWELL (1966) diskutiert diese Definition des Aktionsraumes und beurteilte sie als zu eingeschränkt, denn nicht alle Säuger haben einen festen Aktionsraum, und zudem finden weitere Aktivitäten außer der Nahrungsaufnahme statt. Er ergänzt diese Definition: „the home range is the area over which an animal normally travels in pursuit of its routine activities“. BROWN (1966) bringt das Konzept „living space“ und unterteilt es in drei Räume: „home range: area used by the individual within a specific period of time“; „territory: area defended intraspecifically“ und „vital space: the whole space necessary for an animal to achieve its annual cycle“. WILSON (1975) beschreibt eine Unterteilung, um die soziale Verteilung zu erklären: total range: „the entire area covered by an individual animal in its lifetime“; home range: „the area that an animal learns thoroughly and habitually patrols“; core area: „the area of heaviest regular use within the home range“ und territory: „an area occupied more or less exclusively by an animal or group of animals by means of repulsion through overt defense or advertisement“.

WHITE & GARROTT (1990) stellten fest, daß es schwierig oder unmöglich ist, die „normale“ und die seltene Aktivität auseinanderzuhalten und den Bereich, in dem die

„normale“ Aktivität auftritt, zu bestimmen. Aufgrund dessen wird der Aktionsraum meist als der häufiger besuchte Bereich angesehen, ohne Beschreibungen, welche Aktivitäten in diesem stattfinden.

Das Konzept eines lebenslangen Aktionsraums „life-time home range“ ist für die Analyse der Nutzung des Aktionsraumes irrelevant, denn einige Individuen bleiben nicht das ganze Leben an einen Aktionsraum gebunden. Außerdem ist die Untersuchung zeitlich begrenzt und bezieht sich auf biologische Prozesse mit einer kurzen zeitlichen Skala (Futtersuche oder Fortpflanzung) (ANDREASSEN 1993). Insofern kann der Aktionsraum nur innerhalb eines zeitlichen Fensters untersucht werden. Die Versuchsdauer ist ein wichtiger Faktor, der die Berechnung der Aktionsraumgröße beeinflusst (ANDREASSEN 1993).

4.4.4 Größe des Aktionsraumes

Die Aktionsraumgröße wurde nach der Konkav-Polygon-Methode (KV-P-M) und nach der Konvex-Polygon-Methode (KX-P-M) berechnet. Die nach der KX-P-M bestimmten Aktionsräume mit 100 % der Ortungen waren deutlich größer als die nach der anderen Methode berechneten. Die KX-P-M kann den Aktionsraum überschätzen (WOLTON 1985), denn größere Bereiche, die nicht von der Maus besucht und genutzt werden, sind gleichfalls enthalten. Dennoch wurde die KX-P-M mit 100 % der Ortungen angewendet, da andere Untersuchungen über Aktionsräume von *M. minutus* anhand von Fallenfängen (mit 100 % der Ortungen) durchgeführt wurden (die meisten veröffentlichten Daten für andere Muriden wurden nach dieser Methode erhalten) und sich somit eine Vergleichsmöglichkeit ergibt.

Die in dieser Untersuchung nach der KX-P-M ermittelten Aktionsräume sind mit 156,4 m² bis 481,5 m² kleiner als die von TROUT (1976) (200 m² bis 800 m²) und von HARRIS (1979) (200 bis 900 m²) berechneten Aktionsräume, die von beiden Autoren mit der Fang-Wiederfang-Methode bestimmt wurden. Dieser Größenunterschied könnte auf mehrere Faktoren zurückzuführen sein.

Der Zeitraum, in dem die Aktionsräume der vorliegenden Untersuchung bestimmt wurden, könnte nicht ausreichend sein, um den repräsentativen Aktionsraum zu bestimmen. Die Größe des Aktionsraumes stieg in dieser Untersuchung mit der Zeit. Eine Asymptote für die Stichprobe wurde nicht bei allen Mäusen erreicht, was einen größeren Aktionsraum mit mehr Ortungen bzw. Zeit bedeuten würde. Die längste Zeit für die radiotelemetrische

Beobachtung betrug 24 Tage für ein Männchen. In den Untersuchungen von TROUT (1976) und HARRIS (1979) handelt es sich um mehrmonatige Untersuchungen; sie konnten die Aktionsräume über längere Zeit bestimmen und damit Veränderungen oder Verschiebungen der Aktionsräume erfassen. Es könnte auch sein, daß die Mäuse im Laufe der Zeit ihren Aktionsraum ändern, aber nicht unbedingt vergrößern. Bei den Laborbeobachtungen dieser Arbeit konnte festgestellt werden, daß die adulten Weibchen das Nest nach der Entwöhnung verlassen und den Ort wechseln, um ein neues Nest zu bauen. Die Beobachtung des Ortwechsels eines Weibchens im Freiland (s. Kap. Ökologie) stimmt damit überein. Diese Änderungen des Aktionsraums werden in den Untersuchungen von TROUT (1976) und HARRIS (1979) nicht berücksichtigt.

Bei anderen Arten wurden Erweiterungen des Aktionsraumes innerhalb von Tagen nachgewiesen. BROWN (1966) berichtet über Individuen von *Apodemus sp.* und *Peromyscus leucopus*, die größere Aktionsräume besitzen und die unterschiedliche Bereiche an bestimmten Tagen nutzen. STICKEL UND WARBACH (1960) wiesen durch eine fünfjährige Fallenuntersuchung für *Peromyscus leucopus* verschiedene Nutzungsmuster der Aktionsräume nach. Sie teilten die Individuen in vier Klassen ein. Mäuse, die

1. ausgedehnte Aktionsräume mit veränderlichen Nutzungsbereichen besaßen,
2. stufenweise ihren Aktionsraum änderten,
3. gelegentlich Exkursionen weit entfernt vom Aktionsraum unternahmen,
4. einen stabilen Aktionsraum besaßen.

Der Zaun könnte die Aktionsräume teilweise eingeschränkt haben, allerdings sind die gemessenen Aktionsräume kleiner als die eingezäunte Untersuchungsfläche: Die Mäuse nutzten nur 17,8 % bis 54,7 % der gesamten Fläche, was den Zaun als nichtbehindernden Faktor erscheinen läßt. Jedoch werden die meisten Aktionsräume teilweise durch den Zaun begrenzt, was wiederum auf eine Einschränkung des Aktionsraumes hindeutet.

Habitat und die Populationsdichte beeinflussen die Größe des Aktionsraumes. ANDREASSEN (1993) nannte die Aktionsraumgröße einen Prediktor der Habitatsqualität. Das Haferfeld in dieser Untersuchung bietet ein anderes Habitat als die Untersuchungsfläche von HARRIS (1979) im Grasland. TROUT (1976) bestätigt den Habitateinfluß auf die Populationsgröße und berichtet über eine höhere Dichte der Nester der Zwergmäuse in Hafer-, Reis- und Weizenfeldern als im Grasland. So sind kleinere Aktionsräume bei höherer Dichte denkbar. Die Verkleinerung des Aktionsraums bei wachsender Population ist bei *Peromyscus sp.*, bei der Spitzmaus *Suncus* und beim

Kaninchen *Oryctolagus sp.* nachgewiesen (DELANY 1982).

Ein geschlechtskorrelierter Größenunterschied der Aktionsräume ist nicht nachweisbar. Der Durchschnittswert liegt für Männchen bei 302 m². Er ist damit nur unbedeutend größer als der der Weibchen mit 288 m². Dies stimmt gut mit den Ergebnissen von TROUT (1976) überein, der einen Durchschnittswert von 400 m² für Männchen und 350 m² für Weibchen angibt.

Größere Aktionsräume der Männchen sind bei vielen anderen Kleinsäugerarten nachgewiesen: bei *Microtus agrestis* (REICHSTEIN 1960), *Apodemus sylvaticus* (KIKKAWA 1964, PIETSCH 1979), *Apodemus flavicollis* (SCHWARZENBERGER 1992), *Peromyscus gossypinus* (GRIFFO 1961), *Peromyscus maniculatus* (BLAIR 1940, 1942), *Peromyscus boylii* (BROWN 1964), *Clethrionomys glareolus* (BROWN 1956, KIKKAWA 1964), *Clethrionomys rufocanus* (TANAKA 1953), *Microtus pennsylvanicus* (BLAIR 1940) und bei *Microtus agrestis* (HAYNE 1949, BROWN 1956).

Der Aktionsraum von *M. minutus* ist vergleichsweise klein. Andere einheimische Muriden wie *Microtus arvalis*, *Microtus agrestis*, *Clethrionomys glareolus*, *Apodemus sylvaticus* und *Apodemus flavicollis* besitzen zum Teil wesentlich größere Aktionsräume (Tab 4-11).

Tab 4-11. Veröffentlichte Aktionsraumgröße verschiedener Mäuse.

ART	GEWICHT	AKTIONSRaum		AUTOR
Zwergmaus <i>Micromys minutus</i>	5-11 g	♂	156 – 482 m ² \bar{x} 288 m ²	Serrano
		♀	171 – 402 m ² \bar{x} 302 m ²	
		♂	300 – 900 m ² \bar{x} 400 m ²	Harris 1979
		♀	200 – 800 m ² \bar{x} 350 m ²	
Feldmaus <i>Microtus arvalis</i>	14-51 g		300 – 500 m ²	Radda et al 1967
Erdmaus <i>Microtus agrestis</i>	16-61 g	♂	1000 – 1500 m ²	Reichstein 1960
		♀	400 - 500 m ²	
Rötelmaus <i>Clethrionomys glareolus</i>	17-40 g	♂	600 – 3500 m ²	Rödl 1974
		♀	500 – 1000 m ²	
Waldmaus <i>Apodemus sylvaticus</i>	20-30 g		800 – 2900 m ²	Kikkawa 1964
		* Fortpfl.	MM 22 000 m ²	Pietsch 1979
Gelbhalsmaus <i>Apodemus flavicollis</i>	20-50 g	Sexuell aktiv		Schwarzenberger
		♂	15000 m ²	1992
		♀	7400 m ²	
		Außerhalb der Fortpflanzungszeit		
		♂	3600 m ²	
		♀	3800 m ²	

WILSON (1975) erklärte in seiner „optimal-area hypothesis“, daß die ideale Größe des Aktionsraumes eines Tieres ausreichen muß, um seinen energetischen Bedarf zu decken. Gleichzeitig sollte der Aktionsraum nicht unnötig groß sein, damit das Tier einem möglichst geringen Predatorendruck ausgesetzt ist. Weiterhin besteht ein Zusammenhang zwischen Größe des Aktionsraumes und dem Gewicht der Art. DELANY (1982) nennt Aktionsräume einiger europäischer Säuger und bestätigt diesen Zusammenhang: Je größer ein Tier ist, desto größer ist sein Aktionsraum.

4.4.5 Überlappung der Aktionsräume und die „nearest neighbour distance“ (NND)

Der Grad der Überlappung der Aktionsräume gibt Aufschluß über die soziale Organisation einer Art. Die Extremfälle hierbei sind folgende: Keine Überlappung der Aktionsräume, was Territorialität andeutet; totale Überlappung, was auf soziale Gruppen bzw. Kolonien hinweist. Bei den meisten territorialen Tieren ist jedoch der Aktionsraum größer als das Territorium, so daß sich Überlappung und Territorialität nicht ausschließen (WILSON 1975).

Die hier untersuchten Aktionsräume überlappen sich alle. Die durchschnittlichen Überlappungsanteile waren 61,4 %, 72,6 % und 59,4 % für T1, T2 und T3 (dem 1., 2. und 3. telemetrischen Durchgang entsprechend). Ein Teil dieser Überlappungen kann durch die überschätzte Fläche der Konvex-Polygon-Methode und möglicherweise die begrenzte Fläche des eingezäunten Versuchsfelds verursacht worden sein. Die Kerngebiete (core areas) überlappen sich mit 9 % (T1), 31 % (T2) und 19 % (T3) weniger. Diese geringere Überlappung der Kerngebiete könnte ein Hinweis auf Territorialität sein. Auffällig sind dabei individuelle Unterschiede; Es gibt Kerngebiete von Männchen bzw. Weibchen, die sich nicht überlappen und andere dagegen, bei denen sich alle überlappen. Eine mögliche Erklärung dafür wäre eine Rangordnung innerhalb der Individuen: Die Aktionsräume dominanter Tiere würden eher mit anderen Tieren überlappen als dies bei subdominanten Tieren der Fall wäre. Bei der vorliegenden Untersuchung konnte eine Rangordnung nicht festgestellt werden, hierzu wären direkte Beobachtungen erforderlich. Daß *M. minutus* im Labor eine Rangordnung sowohl innerhalb der Männchen als auch innerhalb der Weibchen besitzt, hat SOELLNER (1993) nachgewiesen. Er analysierte die Dominanzbeziehungen von 8 Zwergmausgruppen und fand eine absolute Dominanz eines Männchens in jeder Gruppe gegenüber allen übrigen Männchen. Auch innerhalb der Weibchen jeder Gruppe fand er jeweils ein Tier, das über alle anderen dominierte.

Die Aktivitätszentren der Versuchsmäuse waren deutlich voneinander getrennt. Die Entfernung von einem Aktivitätszentrum zum anderen („nearest neighbour distance“ NND) mit 6,4 m entspricht ungefähr einem Fünftel der Aktionsraumlänge (29,3 m). Die deutliche Trennung der Aktivitätszentren, die durchschnittliche NND und die seltenen und kürzeren Interaktionen sind Faktoren, die auf Territorialität und Einzelgängertum hindeuten.

Mit den hier gewonnenen Daten ist nicht zu entscheiden, ob die Zwergmaus territorial ist. Obwohl alle Versuchsmäuse sexuell aktiv waren, spielen auch andere Faktoren wie Jahreszeit und Populationsdichte eine wichtige Rolle für Territorialität. Zum Beispiel läßt sich für Männchen 8, das bis zu 24 Tagen beobachtet wurde, ein bevorzugter Aufenthaltsort erkennen. Jedoch bleibt die Frage, ob es diesen Bereich verteidigt bzw. monopolisiert, noch offen. Die Mittel zur Verteidigung bzw. Monopolisierung eines Territoriums können von aggressiven Angriffen bis hin zu subtilen chemischen Signalen (WILSON 1975) variieren. Es ist aber auch möglich, daß es sich nicht um Territorialität sondern um eine individuelle Distanz handelt, die die Tiere einhalten. Diese individuelle

Distanz hat WILSON (1975) als die Minimaldistanz beschrieben, die ein Tier üblicherweise zwischen sich selbst und anderen Tieren der Population hält. LOCKLEY (1961) untersuchte dies bei *Oryctolagus cuniculus*, wobei er eine Distanz von 91 cm zwischen dominanten Männchen und 30 cm zwischen anderen Männchen oder Weibchen fand. Dieses gegenseitige Vermeiden ermöglicht die Koexistenz mehrerer Individuen. In diesem Fall würden sich die Mäuse in keinem festen Bereich aufhalten, sondern den Bereich eventuell ändern; nur die individuelle Distanz und die Dominanzhierarchie würden aufrecht erhalten bleiben. Die Aktivitätszentren erscheinen trotzdem getrennt, weil die Tiere in diesem Fall eine größere individuelle Distanz zueinander besitzen.

Nach OSTFELD (1990) kann Territorialität wie folgt entstehen: Die Weibchen der Säugetiere sind vom Futtererwerb abhängig, um ihren Fortpflanzungserfolg zu erhöhen. Angebot, Erneuerungsrate und Verteilung der Ressource bedingen die Verteilung der Weibchen und diese wiederum die Verteilung der Männchen. Bei den meisten Säugetierarten sind die Männchen nicht an der Jungenaufzucht beteiligt; von daher ist ihr Fortpflanzungserfolg hauptsächlich durch den Zugang zu den Weibchen begrenzt. Wendet man dieses Modell hier an, ist Territorialität der Weibchen aufgrund der reichlichen Ressourcen nicht zu erwarten. Auch bei den Männchen ist Territorialität unwahrscheinlich, da die Weibchen weitgehend gleichmäßig im Biotop verteilt sind. Die vorliegenden Ergebnisse stimmen mit diesen Vorstellungen überein.

Das Einzelgängertum von *M. minutus* wurde von WILDE (1994) postuliert. Der Autor untersuchte das Sozialverhalten kleiner Gruppen von *M. minutus* und stellte eine Abnahme der Interaktionen mit der Vergrößerung des Raumangebots fest.

Die Kosten-Nutzen-Modelle der Territorialität (OSTFELD 1990) zeigen, daß die Futterdichte und der Einwanderungsdruck der Männchen eine komplexe Wechselwirkung ausüben könnten, so daß es nicht möglich ist, nur mit der Verteilung der Ressourcen Territorialität vorherzusagen. Die Kosten für das Patrouillieren des Aktionsraumes und für die eventuelle Verteidigung der Ressourcen dürften bei *M. minutus* unter den Bedingungen dieser Untersuchung den möglichen Nutzen übersteigen. In der hohen Vegetation gibt es aber deutlich mehr Möglichkeiten zum Flüchten und Verstecken als in einem zweidimensionalen Lebensraum, was gleichfalls in die Kosten-Nutzung-Rechnung eingehen sollte. Bei der Paarhaltung im Labor wurde, wenn das Weibchen das Männchen intensiv jagte, beobachtet, daß das Männchen nach oben flüchtete und dort erstarrte, so daß ihn das Weibchen nicht finden konnte.

Das Sozialverhalten von *M. minutus* im Freiland wäre folgendermaßen zu charakterisieren: Die Tiere sind Einzelgänger, jedes hält außerhalb der Fortpflanzungszeit Distanz zu anderen Mäusen. Männchen wie Weibchen bleiben nicht unbedingt fest an einem Ort, sondern sie können ihren Aktionsraum verändern. In der Fortpflanzungszeit suchen die aktiven Männchen rezeptive Weibchen oder umgekehrt. Nach der Kopulation bleiben die Männchen in der Nähe der Weibchen, und verhindern dadurch die Annäherung anderer Männchen.

4.4.6 Laufstrecken

Diese radiotelemetrische Untersuchung ist die erste bei *M. minutus* und damit auch die erste Untersuchung ihrer Aktivitäten im Freiland. Die ermittelten zurückgelegten Entfernungen lassen auf kein allgemein gültiges Aktivitätsmuster schließen, ein typischer Höhepunkt der Tag-, Nacht-, oder Dämmerungsaktivität ist nicht zu erkennen. Zudem treten große individuelle Variationen in Erscheinung. Jedes Individuum zeigte ein Muster, das nicht auf den direkten Einfluß eines einzelnen klimatischen Faktors zurückzuführen ist. Die Klimaparameter wirken in ihrer Gemeinsamkeit anders als einzeln, und ein Einfluß einer Parameterkombination auf die Aktivität ist nicht ausgeschlossen. Mit der vorliegenden Untersuchung konnte dies jedoch nicht geklärt werden.

Im Labor wurde das Aktivitätsmuster von *M. minutus* von mehreren Autoren untersucht. GELMROTH (1969) analysierte den Aktivitätsrhythmus anhand von Schwingkäfigen, wobei der größte Aktivitätsanteil (bis 78 %) in die Nacht fiel und ein Aktivitätsschwerpunkt in der Zeit nach Mitternacht lag. Aufgrund starker intra- und interindividueller Schwankungen in der Aktivitätsverteilung schließt er ein einheitliches Aktivitätsmuster aus. CROSS (1970) untersuchte mit der Zeitintervall-Fotografie den Aktivitätsrhythmus und stellt eine starke Nachtaktivität und große interindividuelle Unterschiede fest. KOSEL (1995) untersuchte mit Laufrädern, an denen elektronische Zählwerke montiert waren, das Aktivitätsmuster von *M. minutus*. Diese Untersuchung zeigte ein nichtschwankendes Muster. Hierbei wiesen die Tiere eine strenge Dämmerungs- und Nachtaktivität auf. In dieser Untersuchung legten die Tiere innerhalb von 24 h im Durchschnitt eine Strecke von umgerechnet bis zu 14 km zurück.

Die Laboruntersuchungen (GELMROTH 1969, CROSS 1970 und KOSEL 1995) zeigen eine überwiegende Nachtaktivität und unterscheiden sich hiermit von der vorliegenden Freilanduntersuchung, nach der die Tiere keine Präferenz für Tag- oder Nachtaktivität

zeigen. Es ergibt sich bei jedem Individuum und an jedem Tag ein unregelmäßiges Muster, das durch viele kurze Aktivitätsphasen charakterisiert ist. Ähnliche Resultate von individuellen Abweichungen wurden schon von SMIRNOV (1957), GELMROTH (1969) und CROSS (1970) beschrieben.

Der Aktivitätsrhythmus könnte als eine physiologische und ökologische Anpassung eines Tieres an seine Umwelt betrachtet werden. Er ist wesentlicher Teil der Ökologie eines Tieres, da Aktivität und Prädation direkten Einfluß aufeinander nehmen. Kleinsäuger besitzen allgemein einen Kurzzeitrhythmus, der als Resultat metabolischer Veränderungen aufgrund regelmäßiger Futteraufnahme und Ruheperioden angesehen wird (CROSS 1970). Das Zeitintervall, in dem die Zwergmaus auch tagsüber Nahrung aufnimmt, beträgt in der Regel weniger als ein (CROSS 1970) bis zwei (KOSEL 1995) Stunden. Dieses Nahrungszeitintervall könnte die kurzen Aktivitätsphasen von *M. minutus* im Freiland erklären.

Das unregelmäßige Aktivitätsmuster der Tiere im Freiland könnte durch die wechselnden biotischen und abiotischen Umweltparameter erklärt werden. Nahrungssuche, Suche nach Sexualpartnern, Feindvermeidung und Klimafaktoren sind Parameter, die das Verhalten der Tiere beeinflussen. Unter Laborbedingungen mit Futter und Wasser ad libitum und konstanten und nicht extrem wechselnden klimatischen Parametern können die Tiere dagegen einen regelmäßigen Aktivitätsrhythmus entwickeln.

5 SCHLUSSBETRACHTUNG

Der Erfolg der Fortpflanzungsstrategie eines Tieres bestimmt seinen Beitrag zum Genpool der Population und ist damit eine Variable der natürlichen Auslese (DUNBAR 1983). Im allgemeinen kann eine bestimmte Fortpflanzungsstrategie als eine Folge von hierarchisch geordneten Entscheidungen angesehen werden, die die kritischen Punkte des Überlebens, der Paarung und des Aufziehens der Nachkommen betreffen. Die verfolgte Strategie und ihre relative Effizienz sind von den Interaktionen der ökologischen, demographischen und sozialen Faktoren abhängig (DUNBAR 1982).

Diese Untersuchung hat Aspekte der Fortpflanzungsstrategien und des Verhaltens von *M. minutus* klären können, wie die Entwicklung des Sexualdimorphismus, das Ausmaß und die Verteilung elterlicher Investitionen (von Vater und Mutter) auf männliche und weibliche Nachkommen, die Höhe des Aufwands für die Fortpflanzung („reproduktive effort“ nach STEARNS 1976), Lebensfortpflanzungserfolg, Schwankungen der Populationsdichte, Lebensdauer unter Laborbedingungen und im Freiland, Raumnutzungsmuster und anderes.

Die Identifikation der Fortpflanzungsstrategien nach dem Konzept von MacArthur & WILSON (1967) mit *r*- und *K*-Strategisten als Extremen eines Kontinuums bietet eine wertvolle Vergleichsbasis. Die wichtigsten Charakteristika sind in Tab. 5-1 zusammengestellt.

Tab. 5-1. Charakteristika der Extreme des *r*-*K*-Kontinuums nach MACARTHUR & WILSON (1967), FLEMING (1979) und REMMERT (1980). *r* = intrinsic rate of reproduction, *K* = Kapazität des Lebensraums

Merkmal	<i>r</i>	<i>K</i>
Generationsfolge	kurz	lang
Körpergröße	gering	groß
Ausbreitungsfähigkeit	hoch	gering
Mortalität	hoch, dichte-unabhängig	gering
Fertilität	hoch	gering
Elterliche Investition in einzelne Nachkommen	gering, Semelparitie	hoch, Iteroparitie
Brutpflege	keine - gering	intensiv
Sozialverhalten	gering	hoch
Extinktion der Population	schnell	langsam
Dichte	variabel, oft über der Kapazität der Ressourcen	weitgehend konstant und im Gleichgewicht

M. minutus weist wesentliche Merkmale eines *r*-Strategisten auf: geringe Körpergröße, große Würfe, hoher Aufwand für die Fortpflanzung, kurze Lebensspanne, variable Populationsdichte, geringe Investition in einzelne Nachkommen. Im Vergleich dazu sind die meisten anderen Kleinsäuger im *r*-*K*-Kontinuum weiter in Richtung *K* einzuordnen (DELANY 1982). Im Einzelnen fehlen jedoch detaillierte Untersuchungen der verschiedenen Parameter, um eine endgültige Reihung vornehmen zu können.

Auch nach dieser Untersuchung bleibt eine Reihe von Fragen, an denen weiter gearbeitet werden sollte. Der individuelle Fortpflanzungserfolg wie auch die Fortpflanzungsstrategie der Männchen konnten nicht geklärt werden. Besonders interessant erscheint die Frage, nach welchem Prinzip sie Zugang zu den Weibchen erreichen und wovon letztlich der Paarungserfolg abhängt. Wichtig erscheint auch das post-koitale Verhalten, vor allem in Bezug auf die Monopolisierung und eventuelle Verteidigung des Weibchens gegen konkurrierende Männchen. Der bei Muriden und anderen Kleinsäufern bekannte Vaginalverschluß (DEWSBURY 1984), der sich nach der Kopulation aus dem Ejakulat bildet und dessen Erzeugung als reine Männchenstrategie zur Sicherung der Vaterschaft und Abwehr der Konkurrenz dienen soll, wurde auch bei *M. minutus* gefunden (TROUT 1977). Nach der Gute-Gene-Hypothese (TRIVERS 1972) und den Vorstellungen über Weibchenwahl im Sinne von "Female Choice" (HALLIDAY 1983) sollten die Weibchen jedoch eine Gegenstrategie entwickelt haben, um zur Erhöhung der genetischen Variabilität ihrer Nachkommen jeweils mit mehreren Männchen zu kopulieren. Da jedoch Kopulationserfolg nicht gleichbedeutend mit Fortpflanzungserfolg ist, können diese Probleme durch reine Beobachtung kaum gelöst werden; hier sind die modernen Methoden der molekularen Verwandtschaftsbestimmung durch DNA-Analysen gefragt.

6 ZUSAMMENFASSUNG

6.1 Lebensgeschichte („life history“)

1. Eine Untersuchung der Lebensgeschichte „life history“ wurde an 12 Versuchspärchen und Mäusen aus der Zucht über einen Zeitraum von 9 Monaten durchgeführt. Geburtsgröße, Wachstumsmuster, Sexualdimorphismus, Jungenzahl, Größe und Geschlechterverhältnis der Nachkommen, Lebensdauer und Mortalität wurden untersucht.
2. Die Neugeborenen wiegen im Durchschnitt 1,2 g, am 14. Tag (Entwöhnung) 3,9 g und 6,6 g am 60. Tag. Bis zum 60. Tag gibt es keinen Unterschied in der Gewichtsentwicklung der Männchen und Weibchen. Infolgedessen ist von gleicher mütterlicher Investition unabhängig vom Geschlecht der Nachkommen auszugehen.
3. Bei den Versuchspäaren, reproduzierende Tiere, wurde Sexualdimorphismus festgestellt, wobei die Weibchen schwerer sind als die Männchen. Bei den Tieren aus der Zucht, reproduzierende und nicht reproduzierende, ist dieser Unterschied auch vorhanden, aber leichter und nicht signifikant.
4. Die Gesamtzahl der Nachkommen während des Untersuchungszeitraums variierte von 0 bis 19 Jungen und konnte als Lebensfortpflanzungserfolg betrachtet werden.
5. Die Wurfgröße bei den Versuchspäaren und Tieren aus der Zucht liegt zwischen 1 und 8. Der häufigste Wurfgröße ist 4 Jungen.
6. Das Geschlechterverhältnis in den 29 Würfen der Versuchspäare ist mit 62,2 % Männchenanteil signifikant zugunsten der Männchen verschoben. Die Berechnung von 43 Würfen aus der Zucht ergibt ein ausgeglichenes Geschlechterverhältnis.
7. Die Mortalität der Versuchsweibchen beträgt 67 %, sie starben im Alter von 100 bis 379 Tagen. Die Männchen haben eine deutlich geringere Mortalität von 8,3 %. Die Lebensdauer der Tiere, die nicht beim Versuch gestorben sind, wurden nicht verfolgt. Die Weibchen waren zwischen 166 und 279 Tagen alt und die Männchen mindestens 450 Tage alt.

6.2 Ökologie

1. Im Juni 1994 wurden 10 adulte Männchen und 10 adulte Weibchen aus dem Labor im Versuchsfeld ausgesetzt und ihre Populationsentwicklung von Juli 1994 bis Februar 1995 verfolgt. In dem Zeitraum wurde an 9 Wochen gefangen. Die Entwicklung der Verteilung der Nester wurde untersucht sowie die Raumnutzung mit Hilfe von Fallen auf und über dem Boden und mittels Pulvermetrie.
2. In den 9 Fangwochen wurden 87 Individuen insgesamt 231mal gefangen. Die Wiederfangrate ist sehr gering. 75 % der Mäuse wurden nur ein- bis zweimal gefangen. Die Weibchen wurden häufiger (68 %) als die Männchen (57 %) wiedergefangen.
3. Die Nutzung der dreidimensionalen Ebene, am Erdboden und höherer Bodenvegetation anhand des Vergleichs der Fallen auf und über dem Boden ergibt eine gleichmäßige Nutzung beider Ebenen. Mit Pulvermetrie konnte die Benutzung von Gängen im Boden festgestellt werden.

- 4 Die Analyse der Aktivität mit Tag- und Nachtfängen zeigt eine höhere Nachtaktivität. Im Durchschnitt wurden 6,4 Tiere in der Nacht und 3,2 Tiere am Tag gefangen.
- 5 Das Geschlechterverhältnis ist mit 1:0,9 leicht zugunsten der Männchen verschoben, der Unterschied ist aber nicht signifikant. Das Geschlechterverhältnis ändert sich im Laufe der Zeit, und es gibt abwechselnd einen Überschuß von Männchen und Weibchen.
- 6 Die Population wuchs während des Untersuchungszeitraums. Die ersten juvenilen Tiere wurden 6 Wochen nach dem Aussetzen gefangen. Danach wurden in jeder weiteren Fangwoche Juvenile gefangen.
- 7 Die Anzahl der gefangenen Individuen pro Woche im Feld variierte zwischen 8 und 47. Hochgerechnet (mit MNA) ergibt sich eine Dichte von 91 bis 534 Tieren/ha.
- 8 Die Nester wurden in der Regel innerhalb einer Nacht gebaut und etwa zwei Wochen lang benutzt. Die Verteilung der Nester erfolgte in kleinen Gruppen. Die Nestdichte beträgt 2 bis 21 Nester auf dem Versuchsfeld. Eine Hochrechnung ergibt 23 bis 227 Nester/ha.
- 9 Die Zwergmäuse hatten eine sehr geringe Überlebensrate, 60 % wurden nur in einer Fangwoche gefangen und nur 1,5 % überlebten bis 31 Wochen.

6.3 Aktionsräume und Laufstrecken

1. Um den Aktionsraum und den Aktivitätsrhythmus der Zwergmaus im Freiland zu untersuchen, wurden von Juni bis Oktober 1995 insgesamt 23 Zwergmäuse auf dem Versuchsfeld telemetriert.
2. Die nach der Konvex-Polygon-Methode mit 100 % der Peilungen errechneten Aktionsräume variieren zwischen 156,4 m² und 481,5 m², im Durchschnitt 294,7 m². Das Kerngebiet („core area“) wurde mit der innersten 60 % der Ortungen berechnet. Die Kerngebiete variieren zwischen 11,3 m² und 268,9 m², im Durchschnitt 95,4 m².
3. Alle Aktionsräume überlappen sich, die Überlappungen variieren zwischen 9 und 100 %. Die Weibchen wiesen einen höheren Durchschnittswert der Überlappung auf.
4. Die Aktivitätszentren der Aktionsräume aller Individuen wurden berechnet und dann die „nearest neighbour distance“ NND analysiert. Bei jedem Individuum wird hierbei die Entfernung seines Aktivitätszentrums zu allen anderen Aktivitätszentren anderer Mäuse im Versuch berechnet und die kürzeste Entfernung davon entspricht der NND. Die NND variieren zwischen 2,3 und 11 m, der Durchschnitt liegt bei 6,4 m.
5. Bei den telemetrischen Ortungen konnten auch die Begegnungen der Tiere registriert werden. Insgesamt waren sie kurz und selten, nur 10mal konnten 2 Tiere im selben Quadrat bis maximal 60 Minuten zusammen registriert werden.
6. Die ermittelten Laufstrecken reichen von 1,5 bis 35 m. Eine Tageslaufstrecke bis 172,3 m wurde beobachtet.
7. Die Laufstrecken der einzelnen Individuen variieren sowohl im Muster als auch in der Länge (interindividuelle Variation). Bei jedem Individuum variierte der Umfang und die Zeit seiner täglichen Aktivität (intraindividuelle Variation).

7 LITERATUR

- ASDELL, C. A. (1942): Patterns of Mammalian Reproduction. Cornell University Press, New York.
- BARASH, D. P. (1980): Soziobiologie und Verhalten. Parey- Berlin.
- BLAIR, W. F. (1940): A study of prairie deer mouse populations in southern Michigan. Am. Midl. Nat. 24:273-305.
- BLAIR, W. F. (1942): Size of home ranges and notes on the life history of the woodland deer mouse and eastern chipmunk in northern Michigan. J. Mammal. 23:27-36.
- BÖHME, W. (1969): Beitrag zur Kenntnis der Zwergmaus- *Micromys minutus* (Pallas 1778) Faunistisch-ökologische Mitt.. Bonn 3: 247-254.
- BÖHME, W. (1978): *Micromys minutus* (Pallas, 1778) -Zwergmaus. In J. Niethammer & F. Krapp. Handbuch der Säugetiere Europas, Akademische Verlagsgesellschaft Wiesbaden. Rodentia I: 290-304.
- BREE, P. J. VAN- & MAASSEN, A. W. P. (1962): Over een winterpopulatie van de dwergmuis, *Micromys minutus* (Pallas, 1771) uit Midden-Limburg. Natuurhistorisch Maandblad, Maastricht, 51, 121-124.
- BROWN, L. E. (1954): Small mammals populations at Silwood Park Field Centre, Berkshire, England. J. Mammal. 35:161-176.
- BROWN, L. E. (1956): Field experiments on the activity of the small mammals, *Apodemus*, *Clethrionomys* and *Microtus*. Proc. zool. Soc. London. 126:549-564.
- BROWN L. E. (1962): Home range in small mammal communities S.131-179.
- BROWN L. E. (1966): Home range and movement of small mammals communities Symp.zool. Soc. Lond, 18:111-142.
- BURT W. H. (1943): Territoriality and home range concepts as applied to mammals. J. Mamm. 24:346-352.
- BURT W. H. (1949): Territoriality. J. Mamm. 50, 25-27.
- CLUTTON-BROCK T. H., IASON G. R. (1986): Sex ratio variation in mammals. Quart Rev Biol 61, 339-373.
- CROSS, R. M. (1970): Activity rhythms of the Harvest Mouse, *Micromys minutus* (Pallas). Mammalia, Paris 34:433-450.
- DELANY, M.J. (1974): The ecology of small mammals-Studies in Biology, Institut of Biology, London-51.
- DELANY, M. (1982): J. Mammal Ecology. Blackie. London.
- DEWSBURY, D. A. (1984): Sperm Competition in Muroid Rodents. In: Sperm Competition

- and the Evolution of Animal Mating Systems. Smith R. L. Ed. Academic Press, Inc. London. 547-572.
- DUNBAR R. I. M. (1984): Reproductive Decisions. An Economic Analysis of Gelada Baboon Social Strategies. Princenton University Press. 1-15.
- EIBL-EIBESFELDT, I. (1958): Das Verhalten der Nagetiere. In: Kükenthal W. & Krumbach, T., Handbuch der Zoologie 8/12, Teil 10:1-88.
- FELDMANN, R. (1984): *Micromys minutus* (Pallas 1778) Zwergmaus-Schröpfer und Feldmann: Die Säugetiere Wesrfalens. 221-230.
- FISHER, R. A. (1930): The Genetical Theory of Natural Selection. Clarendon Press, Oxford.
- FLEMING T. H. (1979): Life-history strategies. In: Ecology of small mammals. Stoddart, M. Ed. Chapman and Hall. London. 1-62.
- FRANK. F. (1957): Zucht und Gefangenschaftsbiologie der Zwergmaus (*Micromys minutus suboscus* Fritsche). Zeitschr. f. Säugetierkunde. 22: 1-44.
- GELMROTH, K. G. (1969): Das Aktivitätsmuster von Gelbhalsmäusen (*Apodemus flavicollis*) und Zwergmäusen (*Micromys minutus*) aus dem Raume Kiel. Z. Säugetierk. 34:371-375.
- GEIRINGER, E. (1961): Effect of ACTH on sex ratio of albino rat. Proc. Soc. Exp. Biol. Med. 106:752-754.
- GOSLING, L. M. (1986): Selective abortion of entire litters in the Coypu: adaptative control of offspring production in relation to quality. The American Naturalist 127: 772-795.
- GRIFFO, J. V. (1961): A study of hoing in the cotton mouse, *Peromyscus gossypinus*. Am. Midl. Nat. 65:257-289.
- GRZIMEK, B. (1988): Grzimek Enzyklopädie. Band 3. Kindler, München: 152:205.
- HAITLINGER, R. (1962): Morphological variability in *Apodemus agrarius* (Pallas, 1771). Acta Theriol. 6:239-255.
- HALLIDAY, T. R. (1983): The study of mate choice. In: Mate choice. P. Bateson Ed. Cambridge University Press. 3-32.
- HAMMOND, J. (1934): The fertilization of rabbit ova in relation to time. J. Exp. Biol., 11:140-161.
- HARRIS, S. (1979): Secret life of the Harvest Mouse. The Hamlyn Publishing Group Limited London, New York, Sydney, Toronto.
- HARRIS, S. (1979): History, distribution, status and habitat requirements of the Harvest mouse (*Micromys minutus*) in Britain. -Mammal Review 4:159-171.
- HARRIS, S., W. J. CRESSWELL, P. G. FORDE, W. J. TREWHELLA, T. WOLLARD & S. WRAY

- (1990): Home-range analysis using radio-tracking – a review of problems and techniques particularly as applied to study of mammals. *Mammal Review*, 20:97-123.
- HAYNE, D. W. (1949): Calculation of size of home range. *Journal of Mammalogy* 30:1-18.
- HOFFMANN, A. (1993): Kleinsäuger auf Grünbrachen, Populationsdynamik und Methodenvergleich. Diplomarbeit, TU Braunschweig.
- HOWARD A., A. McLAREN, D. MICHIE, G. SANDER. (1955): Genetic and environmental influences on the secondary sex ratio in mice. *J. Genetics.*, 55:200-214.
- HUGO, A. (1990): Wiederfangerfolg bei Kleinsäugetern mit einer neuen Markierungsmethode. *Z. f. Säugetierk.* 55:S.421-424.
- JEWELL, P. A. (1966): The concept of home range in mammals. *Symp.zool. Soc. Lond*, 18:85-109.
- KÄSTLE, W. (1953): Die Jugendentwicklung der Zwergmaus (*Micromys minutus sorcinus* Hermann 1780). *Säugetierk. Mitt.-Nr. 1*: S. 49-59.
- KENWARD, R. (1987): Wildlife Radio Tagging. Equipment, Field Techniques und Data Analyses. Academic Press. London. 163-179.
- KIKKAWA, J. (1964): Movement, activity and distribution of the smal rodents *Clethrionomys glareolus* and *Apodemus sylvaticus* in woodland. *J. Anim. Ecol.* 33:259-299.
- KOSEL, P. (1995): Aktivitätsrhythmik der Zwergmaus *Micromys minutus*. Diplomarbeit Braunschweig.
- KOSKELA, P. UND VIRO, P. (1976): The Abundance, Autumn Migration, Population Structure and Body Dimensions of the Harvest Mouse in Northern Finland. *Acta Theriologica* 21: 375-387.
- KRACKOW S. & H. N. HOECK (1989): Sex ratio manipulation, maternal investment and behaviour during concurrent pregnancy and lactation in house mice. *Animal Behaviour* 27:177-186.
- KRACKOW S. (1990): Sex-specific embryonic mortality during concurrent pregnancy and lactation in house mice. *J. Exper. Zool.* 256, 106-112.
- KRACKOW S. (1992): Sex ratio manipulation in wild house mice: the effect of fetal resorption in relation to the mode of reproduction. *Biol. Reprod.* 47, 541-548.
- KREBS, J. B., N. B. DAVIES (1984): Einführung in die Verhaltensökologie. Thieme, Stuttgart, New York.
- KUBIK, J. (1952): Die Zwergmaus, *Micromys minutus*. Pall., im Naturschutzpark von Bialowieza. *Annales Universitatis Marie Curie-Sklodowska*, 7c, 7, 449-495. (In Polish; detusche Zusammenfassung).

- LINCOLN, R. J., G. A. BOXSHALL & P. F. CLARK.(1982): A Dictionary of Ecology, Evolution and Systematics. Cambridge University Press. Cambridge.
- LOCKLEY, R. M. (1961): Social structure and stress in the rabbit warren. J. Anim. Ecol. 30:385-423.
- MARTIN P. & P. BATESON (1993): Measuring Behaviour. Cambridge University Press. S. 84.
- MACARTHUR, R. H. & WILSON, E. O. (1967): The theory of island biogeography. Monographs in Population Biology. 1-203.
- MCCLURE, P. A. (1981): Sex-biassed litter reduction in food restricted Wood rats (*Neotoma floridana*). Science, 211:1058-1060.
- MOHR, E. (1954): Die freilebenden Nagetiere Deutschlands und der Nachbarländer. 3. Ed. Gustav Fischer, Jena.
- MYERS JH, KREBS CJ (1971): Sex ratios in open and enclosed vole populations: demographic implications. Am Nat 105, 325-344.
- NEWTON, D. (1978): Freeze branding. In: Animal Marking. Ed. Bernard Stonehouse. London. 142-145.
- OSTFELD RS (1990): The ecology of territoriality in small mammals. TREE 5, 411-415.
- PELIKÁN J (1964): Vergleich einiger populationsdynamischer Faktoren bei *Apodemus sylvaticus* (L.) und *A. microps* Kr. und Tos. Z. Säugetierk. 29: 242-253.
- PELIKÁN J (1966): Analyse von drei populationsdynamische Faktoren bei *Apodemus flavicollis* (Melch.) Z. Säugetierk. 31:31-37.
- PELIKÁN J (1970): Sex Ratio in Three *Apodemus* Species. Zool. listy 19:23-24.
- PELIKÁN J., V. Holisova & V. HOLISOVA (1974): Standing Crop Estimates of Small Mammals in Moravian Forest. Zool. listy 23:197-216.
- PERRIN, M. R. (1975): Trap death-Acta Theriol. 20 (15): 167-174.
- PIECHOCKI, R. (1952): Beiträge zur Fortpflanzungsbiologie der Zwergmaus (*Micromys minutus* sorcinus Hermann 1780). Wiss. Z. Martin-Luther-Univ. 377-386.
- PIECHOCHI, R. (1958): Die Zwergmaus, *Micromys minutus* Pallas. Neue Brehm-Bücherei Nr. 222, Wittenberg, Lutherstadt. 56 Seiten.
- PIETSCH, M. (1979): Vierjährige Untersuchungen zur Populationsdynamik und Aktionsraumgröße bei Waldmaus (*Apodemus sylvaticus* L.) Rötelmaus (*Clethrionomys glareolus* Schre.) und Erdmaus (*Microtus agrestis* L.) auf einer Koniferen-Aufforstungsfläche im westlichen Ruhrgebiet, Z. Angewandte Zool., 65: 461-475.
- PROSSER, C. L. & F. A. BROWN (1961): Comparative Animal Physiology. Philadelphia.

- RALLS, K. (1976): Mammals in which females are larger than males. *Quart. Rev. Biol.* 51:245-276.
- REICHSTEIN, H. (1960): Untersuchungen zum Aktionsraum und zum Revierverhalten der Feldmaus. *Z. Säugetierkunde.* 25: 150-169.
- REISE, D. (1972): Untersuchungen zur Populationsdynamik einiger Kleinsäuger unter besonderer Berücksichtigung der Feldmaus, *M.a. Z. Säugetierk.* 37:65-97.
- REMMERT, H. (1980): Ökologie. Springer-Verlag. Berlin Heidelberg New York.133-140.
- ROWE, F.P. (1958): Some observations on Harvest Mice from the Corn-ricks of a Hampshire Farm.-*Proc. Zool. Soc.* 131: 320-323.
- ROWE, F. P. & TAYLOR, E. J. (1964): The numbers of Harvest mice (*Micromys minutus*) in corn ricks. *Proceedings of the Zoological Society of London.* 142: 185-185.
- SCHMIDT, A. (1975): Populationsdynamik und Ökologie der terrestrischen Kleinsäuger des Naturschutzgebietes Schwarzberge. *Naturschutzarbeit Berlin Brandenburg* 11:78-93.
- SCHWARZENBERGER, T. (1992):Raumnutzung und Aktivitätsrhythmik freilebender Gelbhalsmäuse (*Apodemus flavicollis*. M. 1834). Diplomarbeit, TU Braunschweig.
- SLEPTSOV, M. M. (1947): The biology of *Micromys minutus ussuricus* B-Ham. In: Fauna i ekologiya gryzunov. 2. Materialy k poznaniyu fauny i flory SSSR, n. s., 8:69-100. (in russisch).
- SMIRNOV, P. K. (1957): The daily activity cycle in the dwarf mouse, *Micromys minutus* Pallas . *Koklady Akademii nauk SSSR*, 117: 892-893 (In Russisch).
- SMIRNOV, P. K. (1959): Biology of reproduction of the Harvest mouse, *Micromys minutus* Pallas. *Nauchnye doklady vysshei shkoly. Biologicheskoi nauki* 1:40-42 (In Russisch).
- SMITHERS, R. H. N. (1971): The Mammals of Botswana. Trustees Nat. Mus. Rhodesia, Salisbury.
- SOUTHWICK, CH.H. (1956): The abundance and distribution of Harvest Mice in corn-ricks near Oxford.-*Journal of Zoology-Nr.* 126: S. 449-452.
- STEARNS, S. C. (1976): Life-history tactics: a review of ideas. *Quarterly Review of Biology*, 51:3-47.
- STEARNS, S. C. (1992): The Evolution of Life Histories. Oxford University Press. Biology. 1-18.
- STICKEL, L. F., WARBACH. O. (1960): Small mammal populations of a Maryland woodlot, 1949-1954. *Ecology* 41, 269-286.
- TROUT, R. C. (1976): An ecological study of populations of wild harvest mice (*Micromys minutus soricinus* Hermann) Unpublished PH. D. thesis, University of London.

- TROUT, R. C. (1977): The harvest mouse. In: The handbook of British mammals, Corbet, G. B. & Southern H. N. Eds. Blackwell, Oxford. 220-227.
- TROUT, R. C. (1978): A review of studies of captive Harvest Mice (*Micromys minutus*). Mammal. Rev. 8(4): 159-175.
- TROUT, R. C. (1978): A review of studies on populations of wild Harvest Mice (*Micromys minutus*)-Mammal Rev.-Vol. 8, No. 4:S. 143-158.
- WEILE, C. (1994): Populationsökologie von Kleinsäugetern in Hegebüschen unterschiedlicher Größe und Struktur-Diplomarbeit, TU Braunschweig.
- WHITE, G. C. & R. A. GARROTT. (1990): Analysis of Wildlife Radio-tracking Data. New York: Academic Press.
- WILDE, M. (1994): Sozialverhalten und soziale Organisation kleiner Gruppen von Zwergmäusen (*Micromys minutus* Pallas, 1778) bei unterschiedlichen Dichtebedingungen. Zulassungsarbeit. Uni. Bayreuth.
- WILSON, E. O. (1975): Sociobiology, the New Synthesis. Belknap Press, Cambridge Mass. (Harvard University Press).
- WOLTON, R. J. (1985): Addendum. The effects of radio-collars on Wood mice, *Apodemus sylvaticus*. J. Zool. Lond. 206: 203-224.
- ZIMMER, S. (1992): Die Entwicklung der thermoregulatorischen Fähigkeiten und die energetischen Kosten der Fortpflanzung bei der Zwergmaus, *M.m.*-Staatsexamen.

Fangwochen, Anzahl der Fänge und Aufenthaltsdauer (AD) aller gefangenen Individuen.
Nr. 1 –100: Männchen; Nr. 101 – 200: Weibchen

[illegible]

M1	5	2	2	1	1	2
			1			2 2
		1 2	1			3 1
		2 3	1			2
	1			1		1
	1	1			1 1	1
			1	1 1	1	
		3 3	1 1		1	
	1					1
			1			1
	1		1 3			
		1				
M2						
M3						

Telemetrische Ortungen der 11 Männchen (M) und 12 Weibchen (W) im Versuchsfeld

[illegible]

M5	2	1							1
		3	1		1	1		1	
5			3		13				
		4	1	1		1	2		
		1	2			3		1	
		1			1	1	2	1	
				1		1	1	3	
		1	1		1	1		1	1
		1		1		1			
1				1				1	
1					1				
	2	3		1					
			1		1				
1			1	1					
1						1			
5					1				
5			1	1					
2			2	1					
1			2						2
1									
1	2	1							
	1								

[illegible]

[illegible][illegible][illegible]

[illegible][illegible]

A 20x20 grid with a central 3x3 pattern of numbers. The numbers are: Row 10: (10,10)=1, (10,11)=4, (10,12)=6; Row 11: (11,10)=4, (11,11)=4, (11,12)=2; Row 12: (12,10)=6, (12,11)=2. All other cells are empty.

[illegible][illegible]

W6WSW4

[illegible]

[illegible]

Matrizes der Überlappungen der Aktionsräumen nach der Konvex-Polygon-Methode mit 100 % der Peilungen der drei telemetrischen Durchgänge.

	M1	M2	M3	W1	W2
M1		79	9	67	93
M2	61		29	58	65
M3	22	95			38
W1	74	84			77
W2	90	82	15	67	

	M4	M5	M6	W5	W7
M4		100			
M5	14		69	36	61
M6		100		42	86
W5		100	83		80
W7		100	98	47	

	M7	M8	M9	M10	M11	W9	W10	W11	W12
M7		60	58	13		32			
M8	52		39	47	100	43	71	95	83
M9	90	70		13		26	96	97	
M10	20	85	13			53	54	100	
M11		76					74		70
W9	32	50	17	34			91	77	
W10		52	39	22	71	58		77	81
W11		68	38	39		47	75		79
W12		62			68		82	82	

Matrizes der Überlappungen der Aktionsräumen nach der Konvex-Polygon-Methode mit 95 % der Peilungen der drei telemetrischen Durchgänge.

	M1	M2	M3	W1	W2
M1		27	0	39	52
M2	26		20	57	18
M3	0	49			0
W1	41	63			16
W2	81	30	0	24	

	M4	M5	M6	W5	W7
M4		100			
M5	7		67	34	34
M6		95		40	48
W5		100	81		73
W7		100	98	73	

	M7	M8	M9	M10	M11	W9	W10	W11	W12
M7		6	43	0		37			
M8	9		31	55	100	26	32	91	57
M9	69	32		13		32	92	98	
M10	1	68	14			51	24	100	
M11		41					64		32
W9	31	15	17	23			83	79	
W10		12	34	7	61	57		71	12
W11		33	33	29		50	66		36
W12		57			80		30	100	

Matrizes der Überlappungen der Aktionsräumen nach der Konvex-Polygon-Methode mit 60 % der Peilungen (Kerngebiete) der drei telemetrischen Durchgänge.

	M1	M2	M3	W1	W2
M1		0	0	0	36
M2	0		30	0	0
M3	0	30			0
W1	0	0			0
W2	74	0	0	0	

	M4	M5	M6	W5	W7
M4		25			
M5	1		16	20	13
M6		100		0	36
W5		81	0		0
W7		100	43	0	

	M7	M8	M9	M10	M11	W9	W10	W11	W12
M7		0	22	0		0			
M8	0		0	0	95	0	0	75	0
M9	60	0		0		0	86	61	
M10	0	0	0			0	0	100	
M11		15					44		0
W9	0	0	0	0			0	99	
W10	58	0	23	0	50	0		45	0
W11	12	10	12	4		13	33		5
W12	0	0			2		0	100	

LEBENS LAUF

Daten zur Person

Angélica Verónica Serrano Padilla
geboren am 20.03.1967
in Guadalajara, Mexiko
ledig
mexikanisch

Schul Ausbildung

1972-1978	Grundschule Guadalajara Escuela Primaria Urbana No. 73 Basilio Vadillo
1978-1981	Mittelstufe Guadalajara Escuela Secundaria No. 1 DEP
1981-1984	Oberstufe Universidad de Guadalajara Escuela Preparatoria No. 7

Hochschulstudium

1984-1988	Lizenziatur in Biologie, Fakultät der Naturwissenschaften Universität von Guadalajara Thema der Arbeit: Bibliographische Untersuchung über die Population und den Bestand der Robben in Mexiko
1988-1992	Master Degree in Meeresökologie, CICIMAR Zentrum für Meeresforschung La Paz, Baja California Sur Thema der Arbeit: Aspekte der Fortpflanzung des Rotkrebsses

Berufspraxis

Juni 1988	Teilnahme an einer Forschungskreuzfahrt auf dem meereskundlichen Schiff „El Puma“
Juni 1989	Teilnahme an einer Forschungskreuzfahrt auf dem meereskundlichen Schiff „El Puma“
1993	Prüfungen zur Zulassung zur Promotion
Seit Oktober 1993	Doktorarbeit am Zoologischen Institut an der TU Braunschweig

Veröffentlichungen

- SERRANO PADILLA. A. V. & D. AURIOLES GAMBOA. (1992): Dimorfismo Sexual en la Langostilla, *Pleuroncodes planipes* Simpson, 1860 (Crustacea: Decapoda: Galatheididae). Proceedings of the San Diego Society of Natural History. 1-5 p.
- SERRANO PADILLA A. V. & D. AURIOLES GAMBOA (1995): Ecología reproductiva de la langostilla. En La langostilla: Biología, Ecología y aprovechamiento. Eds. Aurioles Gamboa D. & E. F. Balart. Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste, S. C. La Paz B. C. S. 109-123 pp.
- RODRÍGUEZ JARAMILLO M. C., SERRANO PADILLA A. V. & D. AURIOLES GAMBOA (1995): Biología reproductiva de la langostilla en la costa occidental de Baja California Sur. En La langostilla: Biología, Ecología y aprovechamiento. Eds. Aurioles Gamboa D. & E. F. Balart. Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste, S. C. La Paz B. C. S. 93-107 pp.